

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

Année
1900-1901

THÈSE

N° 4

POUR L'OBTENTION

Du Diplôme de Docteur de l'Université de Paris
(PHARMACIE)

Présentée et soutenue le 25 Novembre 1900.

Étude Hydrologique

SUR LE

SAHARA FRANÇAIS
ORIENTAL

PAR J.-E. LAHACHE,

Pharmacien-major de 2^e classe,

Membre correspondant de la Société de Pharmacie de Paris.

JURY : { MM. BOUCHARDAT, *Président.*
GAUTIER, *Professeur.*
LEBEAU, *Agrégé.*

PARIS

INSTITUT INTERNATIONAL DE BIBLIOGRAPHIE SCIENTIFIQUE
93, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, VI.

1900

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

Année
1900-1901

THÈSE

N° 4

POUR L'OBTENTION

Du Diplôme de Docteur de l'Université de Paris
(PHARMACIE)

Présentée et soutenue le 25 Novembre 1900.

Étude Hydrologique

SUR LE

SAHARA FRANÇAIS ORIENTAL

PAR J.-E. LAHACHE,

Pharmacien-major de 2^e classe,

Membre correspondant de la *Société de Pharmacie de Paris*.



JURY :

{ MM. BOUCHARDAT, *Président*.
GAUTIER, *Professeur*.
LEBEAU, *Agrégé*.

PARIS

INSTITUT INTERNATIONAL DE BIBLIOGRAPHIE SCIENTIFIQUE
93, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, VI.

1900

Personnel de l'Ecole de Pharmacie de Paris.

ADMINISTRATION.

MM. GUIGNARD, Directeur, Membre de l'Institut, ✱, ☉ I.
N. BOUCHARDAT, Assesseur, ✱, ☉ I.
E. MADOULÉ, Secrétaire, ☉ I.

PROFESSEURS.

MM. JUNGFLEISCH, ✱, ☉ I.....	Chimie organique.
LEROUX, O ✱, ☉ I.....	Physique.
BOUCHARDAT, ✱, ☉ I.....	Hydrologie et Minéralogie.
PRUNIER, ☉ I.....	Pharmacie chimique.
GUIGNARD, Membre de l'Institut, ✱, ☉ I.....	Botanique générale.
VILLIERS-MORIAMÉ, ☉ I....	Chimie analytique.
BOURQUELOT, ☉ I.....	Pharmacie galénique.
GAUTIER, ☉ A.....	Chimie minérale.
RADAIS, ☉ A.....	Cryptogamie.
PERROT, ☉ A, chargé de cours..	Matière médicale.
COUTIÈRE, chargé de cours...	Zoologie.
N.....	Toxicologie.

Directeur et Prof. honoraire : M. CHATIN, Memb. de l'Inst., O ✱, ☉ I.

Prof. honoraires : MM. BERTHELOT, Memb. de l'Inst., G.C. ✱, ☉ I.

MARCHAND, ☉ I.; RICHE, O ✱, ☉ I.

AGRÉGÉS EN EXERCICE.

MM. BERTHELOT, ☉ A.	MM. COUTIÈRE.
OUVRARD, ☉ I.	GRIMBERT, ☉ A.
LEBEAU, ☉ I.	PERROT, ☉ A.
MOUREU.	

CHEFS DE TRAVAUX PRATIQUES.

MM. GUERBET.....	Chimie générale.
LEXTREIT, ☉ I.....	Chimie analytique.
GUÉRIN, ☉ A.....	Micrographie.
QUESNEVILLE, ☉ I.....	Physique.
LUTZ.....	Microbiologie.

Chef du Laboratoire des examens pratiques : M. CHASTAING ☉ I.

Bibliothécaire : M. DORVEAUX, ☉ I.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BOUCHARDAT.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR MOISSAN,

Membre de l'Institut.

Hommage de ma profonde reconnaissance.

PRÉLIMINAIRES.

Dès 1886, M. F. Foureau, qui depuis quelques années, se préparait, par de petites excursions dans l'Erg, à de plus grands voyages, s'était intéressé à la question, si importante pour un explorateur, de l'eau dans le Sahara, aux moyens de la rechercher, enfin, à l'origine des eaux profondes de l'Oued R'hir.

Sous son inspiration, mes premières recherches se tournèrent de ce côté. J'examinai les eaux d'un grand nombre de sources jaillissantes ; puis je résolus d'étudier toutes les eaux qui, venant se collecter dans le grand bas-fond au Sud de Biskra, pouvaient prétendre à devenir artésiennes.

Etant en garnison à Biskra, je vis mes recherches facilitées par l'obligeance de M. Foureau, des officiers des Affaires indigènes, des chefs des postes optiques, etc. Mais, il ne me vint pas à l'idée, tout d'abord, de mettre en doute l'affirmation de M. Ville, ingénieur en chef des Mines (explorations dans le Hodna et le Sahara), de la provenance septentrionale des eaux artésiennes de la région. Cette opinion, généralement acceptée, régnait depuis 30 ans.

En 1888, à la suite de mes premières recherches, je présentai les raisons qui me faisaient regarder comme trop exclusive l'opinion généralement admise. Quelques mois

après, je crus pouvoir affirmer que les cuvettes artésiennes représentaient surtout, souterrainement, les lits des anciens cours d'eau, aujourd'hui à sec, autrefois riches tributaires de la mer des Tritons, et coulant du Sud vers le Nord (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, t. XX, page 102).

En 1890, à la suite de la mission Choisy, M. Rolland, Ingénieur en chef des Mines (dans son rapport hydrologique sur le Sahara Français, publié par le Ministère des Travaux Publics), a bien voulu exposer le résultat de quelques-unes de mes analyses, la classification que j'avais proposée en 1888, et, quoique nous n'ayons pas la même opinion sur les eaux artésiennes du Sud Constantinois, mettre en lumière, en m'appuyant de sa haute autorité, quelques remarques sur lesquelles j'avais appelé l'attention des spécialistes. (Rolland, *Hydrologie du Sahara Algérien*, 1894, pages 258, 260, 263).

De 1886 à 1898, je ne cessai d'attirer l'attention du Commandement sur l'intérêt qu'il y aurait à lancer la sonde dans le sous-sol des grands gassis (défilés) de l'Erg ; mais les conclusions de M. Rolland, comme celles de M. Ville, point du tout ébranlées, faisaient craindre l'insuccès des sondages proposés.

Dans la séance du 22 janvier 1897 de la Société des Ingénieurs Civils de France, M. Bergeron, sous-directeur du Laboratoire de Géologie de la Sorbonne, fit une communication sur l'hydrologie de l'Oued R'hir, confirmant, suivant M. Lippmann, Président de la Société, l'hypothèse que ce dernier avait émise récemment de l'origine méridionale des eaux artésiennes.

Le 7 février, M. Foureau m'écrivait :

« Vous seriez bien aimable si vous pouviez disposer en
« ma faveur d'un exemplaire de votre brochure déjà
« ancienne sur les eaux sahariennes.

« Je vous envoie ci-contre un entrefilet qui est de nature à
« vous intéresser, et c'est pour l'auteur de cette communica-
« tion que je vous demande la brochure en question, M. Ber-
« geron, professeur à l'Ecole Centrale et sous-directeur du
« Laboratoire de Géologie de la Sorbonne.

« M. Lippmann prétend à la paternité de la *provenance*
« *méridionale* des eaux souterraines de l'Oued R'hir. Il est
« important de lui prouver que, longtemps avant lui, vous
« avez émis cette opinion.

« Cordialement à vous :

« FOUREAU. »

Les arguments présentés par MM. Bergeron et Lippmann, tirés de l'organisation géologique du bassin de l'Igarghar, ébranlèrent fortement la théorie de Ville. M. Roland reconnut lui-même qu'il avait trop négligé l'apport du Sud dans l'alimentation de certaines cuvettes artésiennes du Bas-Sahara.

Les conclusions que j'avais présentées reposaient uniquement sur la composition minérale des résidus des différentes espèces d'eaux du Sahara.

Quelques semaines plus tard, MM. Bergeron et Lippmann reconnaissaient l'exactitude de ma théorie, et, dans la séance du 6 mai de la Société des Ingénieurs, M. Lippmann communiquait le résultat de mes travaux antérieurs à l'ap-

pui de son opinion personnelle sur l'origine des eaux artésiennes de l'Oued R'hir.

A la fin de l'année suivante, le commandant Pujat recevait l'ordre de faire des recherches d'eaux profondes dans le grand défilé de l'Erg sur la trace de l'Igarghar, et mes prévisions se trouvaient pleinement réalisées par la découverte d'eau souterraine intarissable dans le Gassi Touil (mars-avril 1899).

Depuis mon dernier séjour à Biskra, 1889, j'ai eu l'occasion de compléter mes recherches sur les affluents immédiats du Chott Melrir, de vérifier et de rectifier la classification proposée en 1888.

En 1898, je fis l'examen des nappes superficielles du Bas-Sahara (colonne d'Ouargla) sur une région qui n'avait pas été étudiée.

En 1899, le Commandement favorisa mes recherches sur les eaux éloignées de l'Erg. Les eaux de cette région n'avaient pas encore été analysées.

Mon travail se trouve donc naturellement divisé en quatre parties :

1° Etude des bassins secondaires qui environnent immédiatement le Chott Melrir (Classification de leurs eaux);

2° Etude des eaux superficielles et des eaux profondes du Bas-Sahara (Colonne d'Ouargla);

3° Etude des eaux superficielles et profondes de l'Erg;

4° Origine des eaux profondes de l'Oued R'hir et du Sahara Constantinois, leurs particularités, leurs lois.



I

Etude des Bassins secondaires qui environnent immédiatement le Chott Melrir. Classification des Eaux.

CHAPITRE PREMIER.

*Le Bassin des grands Chotts. — Le Chott Melrir.
— Classification des eaux du Sahara Constanti-
nois.*

Une étude hydrographique sur la région des Chotts, au Sud du Département de Constantine, présente cette particularité, inconnue en Europe, qu'elle a pour objet : un bassin privé d'eau pendant la plus grande partie de l'année ; des fleuves qui, lorsqu'ils ne sont pas souterrains et manifestés seulement par des éruptions artésiennes, roulent parfois pendant vingt-quatre heures, entre des berges souvent distantes d'un kilomètre, plus d'eau qu'il n'en coule dans la Loire à Angers, et, le lendemain, sont à sec ; une mer qui ne communique apparemment avec aucune autre mer ; une mer, quelquefois grande comme une province française et quelques semaines après transformée en une plaine de sable, blanchie d'efflorescences salines et chargée

de mirages, ou en un lac de boue où le voyageur égaré s'enlise.

Enfin, comme il faut que tout, ici, soit extraordinaire, le niveau de cette mer, qui n'a pas la permanence de la Mer Morte, mais recèle des eaux aussi imposables, se trouve au-dessous de celui de la Méditerranée. On a cru longtemps, et beaucoup croient encore que cette région changeante et fantastique, où s'allongent, dans une direction générale Ouest-Est, les bas-fonds ou Chotts : Melrir, Rharsa, Djérid, jusqu'au seuil de Gabès, constituait autrefois la Mer des Tritons.

Une vague tradition a conservé chez les Arabes du Sud, jusqu'à nos jours, le souvenir d'une vaste étendue d'eau ayant ses ports, ses navires, et communiquant avec la mer Méditerranée. L'histoire paraît d'accord sur ce sujet avec la tradition arabe.

Hérodote (*Melpomène*, L. IV) décrivant les peuples qui vivent à l'Ouest de l'Égypte en se dirigeant à travers la Lybie, de l'Orient à l'Occident, cite les Gindanes, puis les Maces, puis les Lotophages et les Machlyes.

Ces derniers, dit-il, s'étendent jusqu'au fleuve Triton, fleuve considérable qui se jette dans un grand lac nommé Triton, où l'on voit l'île de Phla.

Le fleuve dont parle Hérodote serait l'Oued Djedi, ou plutôt l'Oued Igarghar qui, dans les temps préhistoriques, aurait été un petit Nil, son cours atteignant près de mille kilomètres. On n'a conservé le souvenir d'aucun fleuve de cette

(1) On cite pourtant l'Oued Souf, qui coulait à peu de distance à l'Est de l'Igarghar. Il ne reste aucune trace de ce fleuve qui devait être un maigre affluent des Chotts.

importance (1), pas plus qu'on n'en a trouvé de trace entre l'Égypte et la Numidie. Les récits de Pindare, de Scylax, de Pomponius Méla, de Ptolémée, n'ont fait que confirmer les conclusions qui se basaient sur le récit d'Hérodote.

Le nom de Triton fut donné à ce lac en souvenir de l'expédition des Argonautes. Jason avait doublé le Péloponèse dans l'intention d'aller à Delphes. Lorsqu'il fut arrivé vers le promontoire Malée, il s'éleva un vent du Nord qui le jeta en Lybie et il se trouva dans les bas-fonds d'un grand lac, avant d'avoir découvert la terre. Il ne savait comment sortir de ce pas dangereux, quand un Triton lui apparut et lui demanda son trépied, lui promettant de lui montrer une route sûre et de le tirer du péril. Jason y ayant consenti, le Triton lui servit de pilote et les Argonautes purent reprendre leur route.

On a pensé que le soulèvement du seuil de Gabès avait séparé complètement la mer des Tritons de la Méditerranée, en même temps que, sous des influences diverses, les grands fleuves tributaires perdaient peu à peu leur importance. La mer intérieure devint lac. Le lac se rétrécit peu à peu, et, de nos jours, il ne retrouve un peu de splendeur fugitive que dans les années pluvieuses, quand l'eau descend à torrents des sommets de l'Atlas et des Aurès, sur le versant Saharien (1).

Depuis longtemps, on savait que le niveau des Chotts, appauvris pendant de longs siècles par une constante évaporation, était descendu au-dessous du niveau de la mer ;

(1) Il résulterait d'études plus récentes qu'il faut reporter plus au Nord sous la latitude de Telersa (en Tunisie), la mer des Tritons et que le soulèvement du seuil de Gabès serait bien antérieur à l'époque quaternaire.

mais c'est en 1875 que M. le Commandant Roudaire donna sur ce sujet des indications précises.

D'après ses travaux, la surface submergée autrefois et submersible encore maintenant, si le seuil de Gabès venait à disparaître, serait de 15.000 kilomètres carrés environ, et les parties les plus profondes, aujourd'hui à découvert, dans les chotts, sont à 30 mètres au-dessous du niveau de la mer.

Notre étude comprendra exclusivement les affluents du Chott Melrir, le seul qui géographiquement appartienne au département de Constantine.

Le Chott Melrir a plus de 6000 kilomètres carrés de superficie ; ses limites au Nord et à l'Ouest sont assez régulières ; au Sud et à l'Est, ses rives sont dentelées et profondément échancrées ; au Nord, il se confond avec les deltas des oueds descendant des Aurès où d'énormes alluvions ont été entassées peu à peu ; à l'Ouest, on trouve plutôt des falaises ; au Sud, il mêle ses limons salés aux plaines gypseuses du Souf, où viennent mourir les dunes de l'Erg ; à l'Est, il va se perdre dans la dépression où commence le Chott Rharsa.

Cette immense plaine est tellement silencieuse et désolée qu'un frisson d'effroi envahit le voyageur qui s'y hasarde pour la première fois ; mais, s'il lui est donné d'observer à loisir l'étendue du haut des falaises de Kef-el-Dohor, il emportera le souvenir de la féerie de lumière la plus extraordinaire et la plus changeante qu'on puisse imaginer.

Pour décrire de tels paysages, les Arabes ont seuls un langage assez pittoresque et il faut les images audacieuses

dès Orientaux pour en traduire la merveilleuse impression. Suivant les saisons, suivant l'heure du jour, le Chott lui apparaîtra comme une masse de savon onctueuse, aux lointaines luisances, ou comme un tapis de camphre, ou comme une mer d'opale, ou comme une nappe de cristal fluorescente, ou bien encore comme un bain de métal (or et cuivre) en fusion, tandis que les flancs dénudés des Aurès, roses au lever du soleil, bleu de saphir à midi, s'éteindront pourpres et sanglants dans la nuit sans crépuscule. Quand le soleil a disparu, le Chott est une feuille d'argent qui scintille.

Et ces phénomènes d'apparence et de lumière ont un éclat et une harmonie indéfinissables ; ils ont une intensité qu'on ne retrouve nulle part. Ils animent à un tel degré que l'homme ne s'aperçoit plus qu'il est seul vivant dans cette région frappée de stérilité.

Plus de 20 fleuves ou rivières aboutissent au Chott Melrir, lui apportant des eaux issues des Aurès, de l'Atlas, du M'Zab ; ces rivières sont à sec pendant la plus grande partie de l'année. D'autre part, le climat de cette partie du Sahara est tellement sec et chaud en été qu'une évaporation intense se produit à la surface du Chott, de telle sorte que les sels dissous dans l'eau (chlorures alcalins et terreux, sulfates de chaux, de magnésie, carbonates divers) se déposent peu à peu dans la solution saturée. Quelquefois une nouvelle nappe d'eau vient recouvrir la couche saline ; d'autres fois, par le retrait de la vase sous-jacente, cette masse saline forme un sol épais, dur et sonore ; mais cette croûte recouvre souvent des abîmes dangereux pour les

voyageurs imprudents. Bien des cavaliers ont disparu dans des crevasses inaperçues, sortes de regards de la masse vaseuse ou de la nappé souterraine qui s'étend sous les bancs de sel.

La région du Chott Melrir est donc la région des eaux imposables par excellence. Nous verrons plus loin que des sondages profonds pourraient, peut-être, en certains points, amener à la surface de l'eau jaillissante, susceptible d'être employée en boisson.

Le bassin constantinois du Chott Melrir comprend :

- 1° Des eaux de sources ;
- 2° Des eaux de rivières (oueds) ;
- 3° Des nappes d'infiltrations superficielles (Eaux de diffusion : Nappe habituelle du Bas-Sahara) ;
- 4° Des nappes d'infiltrations profondes (Eaux artésiennes : Eaux de longue translation).

Toutes ces eaux sont fortement minéralisées. Beaucoup néanmoins sont considérées comme potables ; mais le plus grand nombre présentent un résidu si considérable qu'il serait difficile à des Européens de les utiliser pour l'alimentation.

Le sens du mot potable prend au Sahara une très large extension. Une eau dont le résidu salin oscille entre 1 gramme et 1 gr. 50 par litre est une eau excellente pour les Arabes, quelle que soit la composition du résidu. Une telle eau est connue de très loin, vantée dans les termes les plus élogieux ; les caravanes font de longs détours pour boire à sa source. Telle l'eau de Taïbet-El-Gueblia, entre Tougourt et El-Oued.

L'Arabe du Sud boit couramment de l'eau renfermant par litre 3 gr. 50 de matières salines diverses.

Les animaux, cheval, chameau, âne, se désaltèrent encore avec de l'eau dont le résidu salin atteint 10 grammes par litre ; mais, sous ces latitudes, aucune créature ne connaît l'exquise saveur des fraîches sources granitiques.

Bien que des ingénieurs, des chimistes, tels que Ville, Rolland, Carnot, etc., se soient occupés depuis 40 ans de l'hydrologie du Sahara, l'étude complète des eaux du Sud n'est pas terminée. En tous cas, jusqu'ici, nous ne savions rien des eaux situées au Sud d'Ouargla.

D'autre part, les résultats des analyses faites jusqu'à ce jour sont épars, sans lien entre eux. Il restait à les grouper et à en tirer une classification. Guidé par ceux qui nous ont devancé dans l'étude des eaux du Sahara, nous avons essayé de définir les différentes classes dans lesquelles on peut ranger les eaux du Sud.

Notre étude est purement minérale et nous passerons sous silence les matières organiques et les organismes qu'on rencontre généralement dans ces eaux.

Bien que nos analyses aient porté sur un grand nombre d'échantillons, nous ne donnerons pour chaque classe qu'un nombre restreint d'analyses caractérisant le mieux la région.

Bien entendu, nos définitions comprennent l'ensemble de toute une région homogène et n'excluent pas les exceptions qui ne peuvent changer le caractère de toute une série d'observations locales.

Au point de vue chimique, les eaux tirent leurs carac-

tères de la nature des terrains qu'elles traversent, de sorte que, d'une manière générale, les documents géologiques d'une région peuvent servir de contrôle à son étude hydrologique.

Inversement, l'étude des résidus des eaux peut donner parfois, sur l'origine de celles-ci, des indications précises. Nous en trouverons un exemple remarquable à propos des eaux souterraines de l'Ouéd R'hir. Enfin, il ne faut pas perdre de vue que, lorsque les solutions salines parcourent de longues étendues souterraines ou épigées, voient leur température initiale soumise à différentes fluctuations, lixivient des terrains de natures diverses, des réactions constantes interviennent et modifient le caractère primitif des eaux.

Les eaux du Sahara constantinois peuvent, d'après les considérations qui précèdent, être rangées dans 3 groupes formant eux-mêmes 6 classes bien caractérisées :

A. *Eaux chlorurées carbonatées calco-sodiques :*

1° Affluents Nord du Chott Melrir ;

B. *Eaux sulfatées chlorurées calciques :*

Eau peu minéralisée :

2° Nappe superficielle des Zibans ;

Eau très minéralisée :

3° Affluents Ouest du Chott Melrir ;

C. *Eaux magnésiennes calciques :*

Eaux sulfatées chlorurées :

4° Nappes superficielles du M'Zab et de Ouargla ;

Eaux chlorurées carbonatées :

5° Nappe souterraine du Souf ;

D. *Eaux magnésiennes nitrées :*

6° Eaux profondes de l'Oued R'hir et des vallées de l'Igar-ghar et de l'Oued Mya.

Il est difficile d'assigner des limites mathématiquement exactes aux 6 régions qui correspondent à la classification ci-dessus. Nous ne sommes pas, ici, en effet, dans une contrée comme la France, où les zones hydrographiques sont limitées en bassins bien définis par des chaînes de montagnes et des lignes de partage d'eaux très nettes. Le sol du Sahara constantinois est très irrégulier, a des altitudes très variables ; mais il est aussi difficile d'y trouver des lignes de partage d'eaux que d'y reconnaître sur tout leur parcours les lits des grands fleuves tels que l'Igarghar.

Ainsi, les limites des six classes que nous avons tracées sur la carte, tout en ayant une approximation suffisante, n'ont pas été déterminées avec toute la rigueur qu'on aurait pu exiger en tout autre pays, de même que l'empreinte des rivières que nous avons dessinées, représente bien plus dans la plupart des cas la trace des lignes d'eaux que les rivières elles-mêmes.

Pour chaque eau analysée, nous donnons le poids brut des éléments trouvés dans l'analyse.

Les auteurs donnent généralement la composition synthétique qui résulte de la combinaison des bases avec les

acides par groupes de sels suivant les affinités probables. Nous avons négligé ces groupements hypothétiques. Ils nous paraissent d'une exactitude peu rigoureuse.

Notre étude ayant surtout pour but le contrôle de certaines conclusions des travaux des ingénieurs des Mines qui ont étudié les eaux du Sahara, nous nous sommes servi, pour notre discussion, des groupements publiés par eux et généralement adoptés jusqu'à ce jour.

Eaux des affluents Nord du Chott Melrir.

Cette classe comprend les eaux de l'Oued Biskra et de ses affluents, tels que l'Oued Abiod, l'Oued Nessaoual, de l'Oued Aldi, de l'Oued El Arab, de l'Oued Moughar, de de l'Oued Ensira, de l'Oued Guechtane, de l'Oued Dokkan.

Ces oueds, véritables rivières en hiver, parfois torrents impétueux, ne livrent passage en été qu'à un mince filet d'eau. Toutes ces rivières sont sensiblement parallèles et coulent du N. au S. Elles perdent beaucoup de leur importance à proximité de leur débouché dans le Chott, car elles se subdivisent à l'infini et s'infilrent, à cause de la nature sableuse et de la faible pente du terrain. Toutes prennent naissance dans le massif calcaire fossilifère, qui borne le Sahara au Nord (Aurès).

L'altitude des sources est considérable ; elle dépasse souvent 1000^m, mais le cours n'en est pas long (de 60 à 120 kilomètres).

L'oued le plus long est l'Oued Biskra qui prend différents noms suivant les régions qu'il traverse et dont le parcours est d'environ 160 kilomètres.

Au sortir des montagnes, ces oueds roulent sur des alluvions énormes qui, à Biskra, par exemple, dépassent 200 mètres d'épaisseur, alluvions formées par des marnes durcies renfermant des bancs de grès et des poudingues superposées au terrain pliocène.

Ce n'est qu'à près des chotts que les rivières entrent dans le terrain quaternaire. Le terrain quaternaire, qui constitue le Zab occidental et tout le Sahara depuis Biskra jusqu'au plateau du Tinghert englobant les Zibans, le M'zab, le Souf, l'Oued R'hir, l'Erg et ses dunes, se compose essentiellement de sable quartzeux, de gypse, de calcaire et de marne.

Le contact restreint de tous les oueds du N. avec ce terrain justifie leur faible teneur en sulfate de chaux.

Le poids total des sels dissous oscille entre 1 et 3 gr. par litre.

Ces eaux sont parfois légèrement magnésiennes et caractérisées par la prédominance du chlorure de sodium. Ceci s'explique par la présence de gîtes de sel dans bien des points des Aurès.

Ainsi le long de l'Oued Biskra à El-Outaia, un long chaînon des Aurès est couronné par des blocs de sel ayant la composition suivante :

		Grammes
Sel du Djebel Gharrihou.	Eau	1,5
	Sulfate de chaux	7 »
	Sulfate de soude	2,9
	Chlorure de magnésium	2 »
	Chlorure de sodium ...	82 »
	Matières insolubles	4,6
		100 »

Ces eaux sont généralement un peu ferrugineuses; celles des autres classes renferment rarement du fer.

Enfin, quelques-unes des eaux de la région la plus orientale présentent un caractère particulier, signalé par Ville, il y a plus de 40 ans, et qui est passé inaperçu. Elles renfer-

ment des phosphates, souvent en quantités dosables, puisque Ville a trouvé l'acide phosphorique combiné au fer jusqu'à la dose de 60 milligr. par litre dans des eaux de diffusion issues de la région de Tébessa si riche en phosphate de chaux, eaux qui s'écoulent vers le Chott Melrir par l'Oued Dokkan et l'Oued Zerga.

Il y a longtemps que les grands gisements de phosphates algériens seraient exploités si on avait tiré de ces analyses déjà anciennes les conclusions qu'elles comportaient.

L'analyse des résidus des eaux de ces oueds donne des résultats différents suivant qu'on opère sur le liquide des crues ou sur celui de l'écoulement régulier.

Les eaux des crues sont bien plus pures, mais le groupement des sels y est sensiblement le même que dans l'eau en temps ordinaire.

Ainsi l'eau de l'Oued Biskra, recueillie dans les citernes du fort St-Germain en janvier 1887 et analysée un mois après, ne présentait qu'un résidu anhydre de 1 gr. 800 par litre; l'eau captée dans la rivière paisible, en mars 1887, présentait un résidu anhydre de 2 gr. 262 par litre.

Eau de l'Oued Biskra (pour 1 litre à + 15).	{	Chlore combiné.....	évalué en Cl	0 gr. 739
		Acide azotique	» Azo ⁵	traces
		Acide carbonique total..	» Co ²	0 185
		Acide sulfurique combiné.	So ³	0 497
		Soude, Potasse.....		0 680
		Chaux.....	évaluée en Cao	0 223
		Magnésie.....	» Mgo	0 114
		Silice, alumine, oxyde de fer.....		0 072
		Poids des sels anhydres.....		2 262

L'eau de l'Oued Biskra, analysée dix ans après, en

mars 1897, nous offrit sensiblement la même composition minérale.

L'eau de l'Oued El-Arab, recueillie à Zeribet El-Oued, en mars 1889, nous a donné les résultats suivants :

Eau de l'Oued El-Arab (pour 1 litre à + 15°).	Chlore combiné.....	évalué en Cl.	ogr.735
	Acide azotique.....	» Azo ⁵	traces
	Acide carbonique total..	» Co ²	0 150
	Acide sulfurique combiné	» So ³	0 811
	Potasse, Soude.....		0 620
	Chaux.....	évaluée en Cao	0 045
	Magnésie.....	» Mgo	0 408
	Silice, Alumine.....		0 038
	Poids des sels anhydres.....		3 419

Cette eau, recueillie en plein terrain de chott, est chargée de sels magnésiens, mais elle est restée riche en chlorures alcalins (1 gr. 152 évalués en NaCl); recueillie à 20 kilomètres en amont de Zeribet, elle ne donne que 105 de magnésie évaluée en Mgo.

Les eaux des autres oueds du N. présentent, d'une manière générale, une composition saline, se rapprochant de l'eau de Zeribet; mais, en pénétrant dans le terrain de chott, elles s'enrichissent plus que celle-ci en sulfate de chaux.

Il existe également dans la région nord du Chott Melrir, entre Biskra, Négrine, Tébessa, mais surtout au pied des Aurès, de nombreuses sources qui ne donnent pas naissance à de véritables oueds, mais forment parfois des nappes superficielles de diffusion. Ce sont de véritables sources artésiennes ayant une origine éloignée.

Telles sont les sources alimentant Biskra, qui jaillissent dans le lit même de l'Oued Biskra, et dont la minéralisation est moitié moindre de celle de la rivière, les sources de Chetma, d'Oumach, la Fontaine des Saints (Hamman Salahim), qui jaillit à 8 kilomètres de Biskra, au N.-O., au pied du Djebel Sfa, et à une température de 45° 8 à l'émergence.

Cette source forme une classe particulière, isolée au milieu de la région (nous en reparlerons plus loin).

Toutes ces sources ont une température plus élevée que celle des oueds et variant entre 25 et 45°.

Comme type de ces sources, nous présentons l'eau de Chetma dont voici la composition.

Sources de Chetma (pour 1 litre à + 15°).	Chlore combiné	évalué en Cl	0 gr. 932
	Acide carbonique total	» Co ²	0 108
	Acide sulfurique combiné	» So ³	0 176
	Soude, Potasse.....		0 814
	Chaux	évalué en Cao	0 160
	Magnésie	» Mgo	0 140
	Silice, Alumine, Oxyde de fer.....		0 038
	Résidu anhydre.....	2	170

Malgré la présence de ces sources jaillissantes, il est certain qu'il est très difficile de faire jaillir l'eau artésienne au N. du Chott Melrir. Ville échoua, il y a 40 ans. En 1888, un sondage fut entrepris à Biskra ; les promoteurs, soit dans l'espoir de rencontrer les artères profondes qui pouvaient alimenter l'Oued R'hir (en supposant que l'Oued R'hir reçoive les eaux du Nord), soit confiants dans un

passage de l'ouvrage de Ville (1), firent exécuter un puits ; on s'arrêta à 300 mètres : l'eau ascendante n'était pas venue. Des nappes superficielles seules avaient été traversées, et il est à craindre que, dans toute la région, on rencontre le même insuccès. M. Dubocq, ingénieur des Ponts-et-Chaussées à Constantine, ne partageait pas l'opinion de Ville : dans un mémoire sur les Zibans et l'Oued R'hir (1852, page 47), il déclarait qu'il ne fallait pas espérer obtenir d'eau artésienne dans la région de Biskra.

(1) Ville, ingénieur en chef des Mines à Alger. *Exploration dans le Hodna et le Sahara*, page 203.

III

Le soufre dans l'eau du Hamman-Salahim à Biskra.

L'importance croissante depuis plusieurs années de Biskra, comme station hivernale sans rivale, importance qui ne peut qu'augmenter encore par l'exécution du premier tronçon du chemin de fer de pénétration dans le Sahara (Biskra-Ouargla) a remis à l'ordre du jour l'utilisation des eaux sulfureuses du Hamman-Salahim (Fontaine des Saints).

Il y a longtemps que le Service des Mines, le Service de Santé, la ville de Biskra, ont fait analyser ces eaux qui offrent, au point de vue du soufre, un intérêt tout particulier.

Le résultat de ces analyses se traduit, dans les différents tableaux que nous avons consultés, par des chiffres bruts paraissant invariables comme pour une eau de constitution toujours identique.

Pour en compléter l'étude, nous avons cherché quelles étaient les variations que pouvait subir dans sa composition l'eau du Hamman-Salahim; voici les remarques que nous avons faites à ce sujet, dès 1888, et qui n'ont pas encore été relatées.

I

L'eau du Hamman-Salahim, au moment où elle émerge au pied du Djebel Sfa, dans un bassin de deux mètres de côté environ, à une température de 45° 8, dégage à l'air libre un mélange de gaz : azote, acide carbonique, hydrogène sulfuré.

Ce dégagement a lieu en grosses bulles venant des profondeurs de la source et s'échappant au centre du bassin. En outre, un léger bouillonnement, produit par des bulles très petites, ride toute la surface de l'eau. Cette seconde forme de dégagement prend naissance dans les couches superficielles.

Si, plongeant au centre de la source, à 50 centimètres environ de profondeur, un vase à précipité de 1 à 2 litres, on recueille les grosses bulles avec toutes les précautions nécessaires en pareille circonstance, l'analyse démontre que le mélange gazeux renferme :

Acide carbonique.....	6 parties en volume.
Azote.....	1 1/2 » »
Hydrogène sulfuré.....	2 » » »

Si on répète cette opération en différents points de la surface et à différentes profondeurs, il ressort de l'analyse des gaz recueillis, que le mélange n'a pas une composition uniforme.

La quantité d'acide carbonique décroît à mesure que l'on s'approche des parois et de la surface du bassin ; par contre, la quantité d'hydrogène sulfuré augmente. Le rapport entre le volume total et le volume de l'azote dégagé ne varie guère.

II

Voyons maintenant comment se comporte le soufre en dissolution dans l'eau.

Nous ne parlerons que pour mémoire des autres substances minérales dissoutes.

Disons seulement que l'eau évaporée à 100° laisse un résidu de 9 grammes environ par litre, constitué surtout par des chlorures alcalins, puis, en quantités successivement décroissantes, par des sulfates et des carbonates alcalins et terreux, traces de matières organiques.

Mais l'eau renferme en outre, des sulfures alcalins.

Les analyses que nous fîmes de l'eau recueillie à la surface du bassin, quelques instants après la prise d'essai, donnèrent pour 1000 centimètres cubes d'eau :

Hydrogène sulfuré libre.....	7 milligrammes
Soufre des sulfures (évalué en H S)..	4 »

Une dizaine d'analyses faites depuis trente ans donnent ces chiffres ou à peu près.

Mais l'eau captée dans les profondeurs du bassin accusait une quantité plus faible d'hydrogène sulfuré et une proportion plus forte, mais à chaque instant variable, de sulfures alcalins.

Ainsi, l'eau captée à un mètre sous la surface donnait pour 1000 centimètres cubes d'eau :

Hydrogène sulfuré libre.....	1 milligramme
Soufre des sulfures (évalué en H S)...	7 »

Notons que ces chiffres ne peuvent avoir qu'une exacti-

tude relative et d'intérêt que par les rapports qu'ils offrent entre eux ; la haute température de l'eau empêche en effet, de calculer mathématiquement la quantité d'H S et de sulfure dissous dans la source, puisque le dosage ne peut être fait instantanément et que, pendant les manipulations, interviennent des réactions secondaires.

III

La composition de l'eau, mise en observation au laboratoire, ne tarde pas à se modifier elle-même. Nous en avons recueilli dans des flacons bouchés, mais renfermant un peu d'air, et voici ce que nous avons constaté :

Quatre heures après avoir été captée, elle ne renfermait plus que 2 milligrammes, pour 1000 centimètres cubes d'eau, d'hydrogène sulfuré libre ; dix-huit heures après, elle ne renfermait plus que des traces de sulfure, disparues le lendemain.

Enfin, si nous observons ce qui se passe dans l'eau, à la sortie de la source et coulant à l'air libre, nous constatons les mêmes phénomènes qu'au laboratoire, mais ils ont une marche bien plus rapide ; en circulant dans les tuyaux qui mettent le bassin en communication avec les cabines, l'eau perd de son soufre : une grande partie en est fixée par les sulfuraires qui croissent là en abondance. De là, l'eau tombe dans la campagne. A 300 mètres de la source, elle ne contient plus que des traces de sulfure. Sa température est redescendue à + 25°.

IV

La solution d'hydrogène sulfuré et de sulfure en présence de laquelle nous nous trouvons, se modifie à chaque instant dans les profondeurs du conduit d'échappement, en raison de la haute température de l'eau, de la pression, du dégagement parallèle d'acide carbonique, de l'action des autres sels dissous et du contact de l'air à l'émergence.

Au sein de la source, deux réactions inverses se limitent et restent incomplètes : l'acide carbonique tend à désulfurer les sulfures alcalins, et, d'autre part, on sait que lorsqu'une dissolution chaude de H_2S agit sur des carbonates et des monosulfures alcalins, la liqueur se charge de polysulfures et de sulfhydrates de sulfures.

Enfin, ceux-ci et les sulfures non transformés par CO_2 , sont rapidement oxydés à l'air et changés en sulfates. On peut même constater la formation intermédiaire d'hyposulfites alcalins, car, si l'on ajoute de l'acide chlorhydrique dilué et chaud, à une petite quantité d'eau conservée au laboratoire, il se produit un léger dépôt de soufre.

Au bout de quelques jours, on ne trouve plus que des sulfates, terme extrême de l'oxydation.

V

La source a un débit de 30 litres à la seconde environ ; son niveau est de 23 mètres plus élevé que celui de Biskra dont elle est distante de 8 kilomètres.

Un tramway la relie à l'oasis depuis 1894. Pendant l'hi-

ver de 1888, le Cardinal Lavigerie faisait amener chez lui, dans des fûts de 100 litres, l'eau du Hamman-Salahim, qu'il employait aux bains. Dans le temps que les chevaux du prélat mettaient à la transporter, soit une heure au maximum, sa température s'abaissait de 12 degrés environ.

Canalisée souterrainement dans des tubes en grès ou autres, hermétiquement clos et pleins, l'eau éprouverait un abaissement de température bien moindre certainement ; mais, tout en estimant que, de cette façon, elle peut être utilisée à Biskra même avec toutes les qualités qu'elle possède à la source, nous concluons de nos observations que l'eau de la Fontaine des Saints a, au point de vue du soufre, une constitution très instable que ne font point ressortir les analyses publiées jusqu'ici.

IV

Eaux des Zibans.

Plus de 40 sources, débitant ensemble 120.000 litres d'eau à la minute, assurent la fertilité du Zab occidental. Les eaux se rassemblent suivant deux lignes principales à peu près parallèles et se dirigeant du N.-O. au S.-E vers l'Oued Djedi ; ce sont l'Oued Matraf El-Kebir et son affluent l'Oued Matraf El-Srir, d'une part, et d'autre part, l'Oued R'rous et ses affluents les Oueds Tamda, Berraout, Cider, etc. L'eau est rare en apparence dans ces rivières ; des infiltrations se produisent à proximité des sources. C'est surtout par suintement dans les couches superficielles du sol que le liquide gagne l'Oued Djedi.

Ces eaux arrosent les oasis de Bou-Chagroun, Zaatcha, Lichana, El-Bordj-Tolga, El-Amri, Foughala, etc. Elles proviennent des condensations qui se font sur la bordure de la partie occidentale des Aurès, au Djebel-Boudarin, Moudjenib, etc.

En outre, il existe dans les Zibans une nappe souterraine peu profonde, non jaillissante, très curieuse.

On la rencontre à 30 kilomètres au sud-ouest de Biskra. Elle s'étend en longueur dans le sens N.-E.-S.-O. sur 60 kilomètres environ. Le pays qu'elle arrose, doucement incliné vers le S.-E., est peu accidenté ; son altitude est de 100 mètres environ au-dessus du niveau de la mer. Les Zibans sont très fertiles ; le thermomètre y descend rarement à 0°. La vigne produit au bout de 18 mois. L'oran-

ger, l'amandier, différentes variétés de palmiers (moins bonnes toutefois que les palmiers du Souf), de même que la plupart des arbres fruitiers d'Europe y réussissent parfaitement.

La cause d'une fertilité qu'on ne comprend pas de prime abord dans un pays où il n'y a que des apparences de rivières, où le thermomètre atteint facilement $+ 45^{\circ}$ à l'ombre en été, où il ne tombe pas annuellement plus de 120^{mm}. d'eau, réside dans la présence de cette nappe souterraine.

Elle a pour origine des infiltrations dans les soulèvements qui séparent le bassin du Hodna du bassin de l'Oued Djedi. Elle se manifeste à environ 1^m.50 au dessous du sol dans les points extrêmes au N.-E. du Zab. Pour la rencontrer, il faut creuser de plus en plus à mesure qu'on s'avance vers le S.-O. Son inclinaison paraît être de 1 mètre environ par 10 kilomètres. Elle donne la vie à 25 oasis très rapprochées les unes des autres, et le Zab tout entier, de Bou-Chagroun à Sidi Khaled, ne serait qu'une suite ininterrompue de belles cultures si l'activité agricole des Européens se portait là-bas. Chaque oasis possède un grand nombre de puits ; il est facile d'irriguer, et les grands végétaux du Zab, tout en ayant la tête dans le feu, ont toute l'année les pieds dans l'eau, suivant l'expression arabe. C'est là le secret de la belle végétation du Sud.

Ajoutons que le Zab est essentiellement arabe ; à El-Amri et à Foughala seulement quelques Français ont fait divers essais de cultures qui ont parfaitement réussi.

L'analyse des eaux de source et de la nappe superfi-

cielle montre que ces eaux sont placées parmi les moins minéralisées du Sahara. Voici l'analyse de l'eau de la nappe puisée à El-Amri, qui peut caractériser toute la région :

Pour 1 litre à + 15°.	Chlore combiné.....	évalué en Cl.	ogr. 138
	Acide azotique combiné.....	Azo ⁵	traces.
	» carbonique total.....	Co ²	o 106
	» sulfurique combiné.....	So ³	o 878
	Soude, potasse.....		o 157
	Chaux.....	évaluée en Cao	o 487
	Magnésie.....	Mgo	o 132
	Silice, Alumine.....		o 012
	Poids des sels anhydres.....		1 917

La température des sources dans les Zibans varie de 21° à 23°.

Que devient cette nappe superficielle des Zibans qui, descendant du N-E, semble s'enfoncer et disparaître au S-O de Oued Djellal ? Finit-elle par changer de direction et s'infléchissant vers le Sud-Est, sous l'Oued Djedi, descend-elle vers la vaste dépression de l'Oued R'hir où, grâce à son altitude initiale, elle pourrait donner naissance à des sources jaillissantes ? Cette hypothèse a été développée par plusieurs géologues. Elle nous semble peu fondée, car la région comprise entre l'Oued R'hir et l'Oued Djedi paraît, d'après les forages exécutés, médiocrement dotée en eau souterraine superficielle ou profonde. Il faudrait donc admettre que l'eau diffusée prenne tout à coup une inclinaison rapide, qui ne serait guère en rapport avec son inclinaison générale en deçà de l'Oued Djedi et avec la pente régulière de toute la contrée vers les bas-fonds de l'Oued R'hir. La ligne de

plus grande pente se projette régulièrement depuis + 100 mètres environ au dessus du niveau de la mer jusqu'à — 10 mètres sur une longueur de 100 kilomètres environ ; aucun soulèvement ne vient déformer cet ensemble constitué par des alluvions anciennes : marnes durcies, argile et silice, qui s'appuient en couches régulières, d'une épaisseur énorme, sur le terrain crétacé.

D'autre part, les rapports des sels dissous dans les eaux des deux régions Zibans, et Oued R'hir, sont très différents et tout en tenant compte du mélange possible des eaux de l'Oued R'hir avec d'autres eaux de provenances diverses, nous constatons qu'au point de vue de certains groupements tels que carbonate de chaux, sulfate de soude, sulfate de magnésie, les eaux des deux régions dont il est question ne présentent aucune analogie proche ou éloignée, en quelque point qu'on les capte.

Il est possible alors que les eaux de la nappe des Zibans, restant souterraines, se diffusent sur une grande étendue le long de la rive gauche de l'Oued Djedi et, suivant l'inclinaison du fleuve, aillent se perdre comme lui dans les bas-fonds du Chott Melrîr.

Des tentatives faites pour trouver des nappes jaillissantes dans les Zibans sur la rive gauche de l'Oued Djedi, il y a quelques années, ont donné des résultats satisfaisants. A El-Amri, à Foughala, on a obtenu des jaillissements après des forages variant de 20 à 40 mètres. Il y a là une cuvette artésienne limitée.

L'eau de ces infiltrations profondes présente de grandes analogies avec les eaux superficielles de la même région.

Eaux des affluents Ouest du Chott Melrir.

Nous comprenons dans cette classe les eaux de sources et les eaux courantes des bassins de l'Oued Djedi, de l'Oued Itel, de l'Oued R'tem, de l'Oued Atar et de leurs affluents.

Le plus important de ces oueds est l'Oued Djedi.

Presque tous sont à sec pendant la plus grande partie de l'année; parfois leur cours est souterrain, dans un lit de sable quartzeux, comme l'Oued Djedi qui se perd au-dessus de Sidi Khaled.

Toutes ces rivières ont comme direction générale O.-E.

Si, comme lignes d'eaux superficielles, elles n'ont qu'une importance relative, elles sont remarquables par leurs crues accidentelles ou périodiques, locales ou générales, enfin, par leur écoulement néanmoins permanent, plus ou moins abondant, plus ou moins apparent, épigé ou à travers les alluvions ou les graviers de leur lit.

Il est à remarquer ce fait général que les oueds sahariens disparaissent en partie par des infiltrations successives dans les couches géologiques qu'entaille la cuvette de leur lit. M. Rolland fait observer que de là naissent souvent des nappes aquifères permanentes qui peuvent devenir artésiennes. Nous croyons pourtant que ce n'est guère le cas en général pour les rivières du N. et de l'O. du Chott Melrir. Elles se diffusent superficiellement bien souvent, surtout à l'O. On ne peut nier non plus que les sources de Chetma et de Hammam-Salahim soient artésiennes, mais les oueds du N. ont un cours trop rapide sur une pente

trop inclinée pour se prêter facilement à des infiltrations importantes.

Quant aux sondages pratiqués sur la rive droite de l'Oued Djedi, le long des pentes descendant insensiblement vers le Chott Melrir ou vers l'Oued R'hir, ils n'ont pas donné de résultats satisfaisants.

Sur la rive gauche, en contre-haut de la rivière, l'eau jaillissante a été rencontrée, au contraire; mais elle ne peut provenir d'infiltrations de la rivière. Elle a sa source dans la masse de partage entre le Hodna et les Zibans, région où les pluies sont plus fréquentes qu'au Sahara.

Les cours d'eau tels que O. Itel, O. Atar, O. R'tem, sont insignifiants à côté de l'O. Djedi. Ils donnent naissance à quelques nappes superficielles, mais ne fournissent pas d'eau artésienne.

D'après l'allure capricieuse de ces rivières, en présence de l'irrégularité des condensations pluviales qui, parfois, sont colossales, puis restent six mois sans se manifester, il est facile de comprendre que les analyses d'eau d'une région déterminée peuvent donner des résultats très différents à des intervalles de temps très rapprochés.

Tandis que le poids du résidu minéral d'un litre d'eau de la Moselle, puisée à Metz, par exemple, oscille entre des limites très faibles, suivant qu'on opère en été ou en hiver, nous trouverons ici des écarts de 1 gramme et plus par litre entre des analyses faites en des saisons différentes ou même dans la même saison.

L'eau des crues ne présentera pas quantitativement le même résidu en poids que l'eau des suintements permanents.

L'eau des nappes superficielles n'offre guère plus de régularité dans sa composition saline.

Enfin, comme l'évaporation, en été surtout, est, dans le Sahara, un phénomène d'une activité surprenante, il en résulte pour les eaux exposées à l'air libre dans les bas-fonds, et circulant difficilement, une concentration saline variable et très rapide (Behours-Chrias).

Mais il est une chose qui ne varie pas sensiblement, même dans les solutions les plus concentrées, pour une même région :

C'est le rapport entre eux des différents sels dissous, et ceci permet de distinguer nettement, au point de vue chimique, les différentes variétés d'eau et d'établir une classification.

Nous donnons, comme type de cette classe, la composition de l'eau de l'Oued Djedi recueillie au mois d'avril 1887 et au mois de décembre 1888 aux Ouleds Djellal (Eau de suintement) :

Pour 1 litre à + 15°.	{	Chlore combiné.....	évalué en Cl.	1gr.314
		Acide azotique combiné.	» Azo ⁵	
		Acide carbonique total..	» Co ²	0 044
		Acide sulfurique combiné	» So ⁸	1 445
		Soude, potasse.....	»	1 080
		Chaux.....	» Cao	0 896
		Magnésie.....	» Mgo	0 101
		Silice, alumine.....		0 020
		Poids des sels anhydres.....		4 649

On voit que la quantité de matières salines est plus considérable dans ces eaux que dans celles des classes précé-

dentes. Elles contiennent à peu près quantités égales de chlorures alcalins et de sulfate de chaux, tandis que dans les eaux du Sahara nord, les chlorures l'emportent sur les autres sels et que dans les eaux de l'Oued R'hir, ce sont les sulfates qui dominent.

Cette augmentation progressive en sulfate de chaux s'explique par la nature du sol : Les oueds de cette classe coulent depuis leur origine jusqu'au chott en plein terrain quaternaire, tantôt dans le sable quartzeux et gypseux, tantôt sur un lit de poudingues plus ou moins agrégés, d'une très faible épaisseur, recouvrant le terrain quaternaire.

La plupart de ces eaux renferment des azotates en petite quantité.

VI

Eaux des affluents du Sud-Ouest du Chott-Melrir. Région du M'Zab.

Le M'Zab est traversé, dans une direction générale (N.-O.-S.-E), par de grands oueds : O. Zegrir, O. N'Ca, O. Metlili, tous tributaires de la région des Chotts qui s'étend de Tougourt à Ouargla : Chott Bardad, Chott Safioun, etc.

Les eaux superficielles de la région d'Ouargla ont donc une étroite parenté avec les eaux du M'Zab, mais celles-ci n'interviennent pas dans la composition des nappes superficielles comprises à l'intérieur du grand delta formé par la réunion des Oueds Igarghar et Mya que nous étudierons plus loin.

Les rivières du M'Zab ont l'allure irrégulière des oueds que nous avons décrits jusqu'ici; mais, le M'Zab étant habité par une population très intelligente et laborieuse, ces rivières sont mieux utilisées que partout ailleurs, car des barrages nombreux ont été construits dans les vallées et l'eau des crues sagement gardée et utilisée, donne la vie aux oasis de Guerara, Berrian, Metlili, Gardhaia, Melika, Beni-Isguen, Bou-Noura, El-Ateuf. Tandis que les Zibans prospèrent sans effort, assis sur une nappe d'eau immuable, il a fallu, dans le M'Zab, l'activité d'une race tenace pour

empêcher cette région de rester désertée et stérile ; au prix de quels efforts et de quels travaux ! Il faut avoir vu les barrages établis sur l'Oued M'Zi pour s'en rendre compte.

Le M'Zab est borné au N.-O. et à l'O. par un plateau régulier produit par le relèvement de la charpente crétacée de la Barbarie. Ce n'est pas, au vrai sens du mot, une protubérance montagneuse ; les points les plus élevés ne dépassent pas une altitude de + 500 m. Ce plateau s'incline doucement vers Ouargla sur l'Oued Mya sur une longueur de 200 kilom. environ. Dans ce plateau, les rivières se sont creusé de larges lits, tourmentés, irréguliers, qui donnent au pays tout entier l'aspect d'un vaste réseau (Réseau se dit Chebka en arabe ; les Arabes appellent le M'Zab : Chebka du M'zab).

Le sol est en grande partie composé de dolomies colorées en jaune ou en brun, recouvertes de fragments de grès quartzeux polychrômes. En certains points, la couche dolomitique recouvre un calcaire brun, mélangé de gypse terreux. Ce dépôt surmonte des alternances de marnes, de calcaires et de gypses. L'extrémité inférieure des vallées est composée d'alluvions énormes qui se confondent avec les alluvions de la grande vallée de l'Oued Mya.

Il n'est donc pas étonnant que les eaux soient chargées de sels magnésiens.

En dehors des périodes de crues, ces oueds ont un suintement plus ou moins profond, mais continu. L'extraction de l'eau employée en boisson par les M'Zabites se fait au moyens de puits d'une dizaine de mètres de profondeur.

C'est l'eau de cette nature dont nous donnons ici la composition.

Les eaux du M'Zab ont été analysées à différentes reprises par le Service des Mines d'Alger. Celles que nous avons examinées en 1886-88, nous ont été procurées par le Service optique militaire.

Eau d'un des puits de l'oasis de Gardhaia (pour 1 litre, à + 15°).	Chlore total.....	évalué en Cl	0 gr 090
	Acide azotique combiné.....	» Azo ⁵	0 011
	» carbonique total.....	» Co ²	0 066
	» sulfurique combiné.....	» So ³	0 217
	Soude, potasse.....		0 081
	Chaux.....	évalué en Cao	0 063
	Magnésie.....	» Mgo	0 083
	Silice, alumine.....		0 069
	Poids des sels anhydres.....		0 635

Cette eau est une des meilleures du Sahara.

Eau d'un des puits de Beni-Isguen (pour 1 litre à + 15°).	Chlore combiné.....	évalué en Cl	0 gr 118
	Acide azotique.....	» Azo ⁵	0 008
	» carbonique total.....	» Co ²	0 064
	» sulfurique.....	» So ³	1 988
	Soude, potasse.....		0 110
	Chaux.....	évalué en Cao	0 248
	Magnésie.....	» Mgo	0 829
	Silice, alumine..		0 074
	Poids des sels anhydres.....		3 415

VII

Eaux du Souf.

Dans le Souf, il n'y a pas de rivières ; cependant, il existe, à une profondeur variable, mais qui ne dépasse pas 25 mètres, une nappe d'eau souterraine très abondante. Cette nappe donne la vie aux 130,000 palmiers qui sont la fortune des rares villages du Souf, groupés autour de deux centres principaux, El-Oued et Guémar. Il n'y existe pas de cuvettes jaillissantes et l'irrigation se fait au moyen de puits à bascule.

La tradition veut que ce pays ait été arrosé autrefois par une rivière appelée Oued Souf, considérable comme l'Igar-ghar et l'Oued Mya. El-Oued serait bâti dans le lit même du fleuve, qu'il est à peu près impossible de reconnaître.

L'eau, généralement claire et limpide, est lourde et peu aérée. Sans être aussi mauvaise que l'eau superficielle de Tougourt, elle est saumâtre et toujours laxative, car elle contient des sels de magnésie ; enfin, elle est assez riche en chaux pour cuire mal les légumes et dissoudre imparfaitement le savon.

Trois puits existent à El-Oued (puits français).

Le Souf est la partie la plus aride du Sahara constantinois. Au Nord, il se confond avec le territoire où s'étend la surface, très irrégulière, suivant les saisons, du Chott Melrir. Dans cette vaste dépression, où se rassemblent en hiver toutes les eaux du bassin, il n'est pas possible de trouver de

l'eau potable. Le sol, pendant de longs mois d'évaporation, s'imprègne de sels à un tel degré que, lorsque la saison des pluies arrive, l'eau qui s'accumule dans le grand réservoir se transforme en solution saline concentrée ; les animaux les moins difficiles refusent de la boire.

A El-Oued, nous sommes en présence d'une nappe sur l'origine de laquelle il nous paraît difficile de se prononcer avec certitude. Cependant, il est à remarquer qu'au sud d'El-Oued l'altitude se relève entre ce point et la bordure des dunes de l'Erg oriental.

Il pleut rarement dans ces régions, mais les condensations atmosphériques y sont violentes et torrentielles en février et mars, d'après M. le Médecin-major Escard.

Il est possible que les infiltrations qui en résultent suffisent à alimenter la nappé peu profonde du Souf.

L'analyse que nous donnons représente la composition moyenne des eaux de puits d'El-Oued.

La minéralisation n'y varie guère d'un bout de l'année à l'autre.

Pour un litre à 15°.	{	Chlore combiné	évalué en Cl.	ogr 376
		Acide azotique.....	» Azo ⁵ .	traces.
		Acide carbonique total..	» Co ² .	o 288
		Acide sulfurique combiné	» SO ³ .	o 549
		Soude et potasse.....		o 569
		Chaux	» Cao.	o 360
		Magnésie.....	» Mgo.	o 324
		Silice, alumine, etc.....		o 138
		Poids des sels anhydres par litre.....	2	770

S'il est vrai, comme le dit M. Schirmer (1), que les dunes

(1) Schirmer. *Le Sahara*. Paris, 1893.

puissent cacher, dans certains cas, des quantités d'eau inattendues (faisant fonction, selon l'expression de Duveyrier, d'éponges qui conservent les eaux à l'abri du soleil), ou que, suivant M. Rolland, les pluies tombées sur elles se rassemblent vers la base de ces massifs perméables, sous forme de larges nappes, il n'est pas étonnant que le Souf, ce pays en apparence si aride, ait des réserves aquifères considérables (1). Plus de 4,000 puits ordinaires indigènes y existent. Nous indiquons, sur la carte, les principales oasis arrosées par eux.

Celui de Taibet-el-Gueblia, entre Tougourt et El-Oued, donne une des eaux les moins minéralisées de cette partie du Sahara. Les sondages exécutés plus au nord ont 40 et 80 mètres, mais, sauf à M'guebra, les eaux obtenues sont de mauvaise qualité.

(1) Les Dunes occupent en effet la moitié de la surface du Souf. Elles constituent au sud des chaînons extrêmement ramifiés et dirigés dans le sens S.-O.-N.-E. Parfois elles atteignent 100 mètres de haut.

VIII

Les Eaux artésiennes de l'Oued R'Hir.

Les rares Européens qui ont parcouru les régions des puits jaillissants, au Sud du département de Constantine, se sont occupés de l'origine des eaux artésiennes.

N'y a-t-il pas, en effet, de quoi éblouir l'imagination et tenter la curiosité du plus indifférent ?

Quoi de plus étonnant que ce phénomène ?

La sonde artésienne faisant jaillir à flots l'eau limpide sur une terre en apparence stérile depuis de longs siècles, que l'eau du ciel visite rarement, qu'un soleil implacable calcine pendant la plus grande partie de l'année, sur une terre où le thermomètre atteint parfois 75 degrés enfoncé dans le sable, où l'horizon est une circonférence parfaite, que ne déforme ni la plus petite montagne, ni le moindre soulèvement, aussi loin que le regard puisse s'étendre.

Malgré l'impotabilité d'une grande partie des eaux artésiennes, on ne s'est pas arrêté longtemps à l'hypothèse d'un courant interocéanique ; l'analyse chimique a démontré, en effet, que la composition de ces eaux n'avait rien de commun avec celle de la mer.

La position de cette région du Sahara, située en partie au-dessous du niveau de la mer et dominée au Nord par le massif imposant des Aurès, a fait ensuite admettre généralement que les eaux artésiennes provenaient d'infiltrations

d'eaux pluviales dans les régions montagneuses les plus élevées du département.

Nous examinerons ce qu'il y a de vrai dans cette hypothèse.

L'ensemble de la région occupée par les eaux artésiennes se nomme l'Oued R'hir. C'est une immense vallée qui descend du Sud vers le Nord, sortant du dédale des grandes dunes, pour aboutir au Chott Melrir.

Son lit mineur est représenté par une zone de bas-fonds (Chott et Sebka).

Le long de cette zone déprimée s'échelonnent une série d'oasis : Tougourt, Ourlana, Mraïer, etc., sur un parcours de 150 kilomètres. L'extrémité Sud de l'Oued R'hir est à 90 mètres environ au-dessus du niveau de la mer.

L'extrémité Nord est à 20 mètres environ au-dessous.

L'existence de ces oasis est liée à la présence d'une foule de réservoirs d'eaux artésiennes à haute pression, qui règnent souterrainement à l'aplomb de la zone des bas-fonds de la surface et dont on peut faire jaillir l'eau en abondance au moyen de puits suffisamment profonds.

En 1890, on comptait dans l'Oued R'hir 659 puits artésiens indigènes dont le débit total est de 120,000 litres par minute, et 133 puits français dont le débit est de 200,000 litres par minute. Ces eaux souterraines viennent d'une profondeur moyenne de 75 mètres sous la surface; leur température moyenne est de 25 degrés.

Elles ont leur gisement au milieu d'une masse perméable de sable quartzeux, recouverte par des massifs de marne avec gypse, qui constituent l'étage lacustre de l'Oued R'hir.

C'est cette couche imperméable dont l'épaisseur moyenne est de 65 mètres, qui maintient les eaux sous pression en profondeur (Rolland).

Il n'existe pas un courant d'ensemble, pas de mixtion générale de ces eaux, car elles n'ont pas partout la même composition; elles sont stables, localisées dans des réservoirs naturels, superposés, à sources multiples, séparées par des couches ramifiées de calcaires imperméables.

Voici la composition des résidus salins de quelques-unes de ces eaux que nous avons analysées en 1886-1887 :

Eau artésienne de Sidi Sliman (pour 1 litre à + 15°).	Chlore combiné.....	évalué en Cl	0 gr 834
	Acide azotique.....	» » Azo ³	0 038
	Acide carbonique to- tal.....	» » Co ²	0 095
	Acide sulfurique.....	» » So ³	1 270
	Soude, potasse.....	» » Na ^o	0 565
	Chaux.....	» » Ca ^o	0 648
	Magnésie.....	» » Mg ^o	0 448
	Silice, alumine.....	» »	0 068
	Poids des sels anhy- dres.....		3 615
Eau artésienne de Tamerna 2 ^e puits (pour 1 litre à + 15°).	Chlore combiné.....	évalué en Cl	0 gr 619
	Acide azotique.....	» » Azo ³	0 028
	Acide carbonique to- tal.....	» » Co ²	0 160
	Acide sulfurique.....	» » So ³	1 680
	Soude, potasse.....	» » Na ^o	1 109
	Chaux.....	» » Ca ^o	1 149
	Magnésie.....	» » Mg ^o	0 195
	Silice, alumine.....	» »	0 054
	Poids des sels anhy- dres.....		5 280

Eau d'un des puits d'Ourlana (pour 1 litre à + 15°).	Chlore combiné.....	évalué en Cl	ogr 474
	Acide azotique.....	» » Azo ³	o 044
	Acide carbonique....	» » Co ²	o 078
	Acide sulfurique.....	» » So ³	1 430
	Soude, potasse	» »	o 455
	Chaux.....	» » Cao	o 876
	Magnésie.....	» » Mgo	o 120
	Silice, Alumine.....		o 058
	Poids des sels anhy- dres.....		3 369

Eau artésienne d'un des puits tubés de Mraier (pour 1 litre à + 15°).	Chlore combiné.....	évalué en Cl	ogr 532
	Acide azotique.....	» » Azo ³	o 137
	Acide carbonique to- tal.....	» » Co ²	o 142
	Acide sulfurique....	» » So ³	2 195
	Soude.....	» » Nao	1 443
	Chaux.....	» » Cao	o 444
	Magnésie.....	» » Mgo	o 193
	Silice, alumine		o 015
	Poids des sels anhy- dres.....		5 160

L'étude des eaux artésiennes de l'Oued R'hîr nous fait voir qu'on peut les classer en 2 catégories bien distinctes : la première renferme des eaux relativement peu chargées. Nous trouvons dans celles-ci des eaux telles que celles des puits de :

El-Korichi, dont le résidu anhydre.....	= 1 gr 90 q/o
Tougourt » »	= 3
Ray-Tarcent » »	= 2 70
Sidi Sliman » »	= 3 615
Djama » »	= 4 200
Ourir » »	= 4 300

Le rapport des éléments salins varie peu dans ces eaux.

Enfin, généralement, ce sont les puits les plus profonds qui donnent les eaux de cette catégorie.

Les autres puits laissent s'écouler des eaux plus minéralisées. Ainsi l'eau à

Tamerna laisse un résidu anhydre de.....	4 gr.	550
Si-Amram	4	661
Ourlana (un des puits) laisse un résidu de.....	5	943

Le puits de Si Sliman, n° 3, a 70 mètres de profondeur et débite 4800 à la minute.

Le puits de Sidi Rached, n° 9, a 60 mètres de profondeur et débite 3600 litres à la minute.

Le puits de Mraïer, n° 16, a 51 mètres 25 c. de profondeur et débite 1185 litres à la minute.

Le puits de Sidi Khelil, n° 9, a 30 mètres 80 c. de profondeur et débite 205 litres à la minute.

Il ne faut pas perdre de vue que lorsqu'on fore des puits très rapprochés, atteignant la même artère, dans la même région, le débit des puits est en raison inverse de leur nombre. On peut donc voir, dans l'Oued R'hir des puits très profonds donnant un débit faible comparé au débit de certains autres puits moins profonds.

L'œuvre des puits artésiens, qui sauva de la ruine une foule d'oasis de l'Oued R'hir qui périclitaient, fut entreprise en 1854 par le général Desvaux. Elle s'est continuée jusqu'à nos jours, grâce à la sollicitude d'hommes tels que les ingénieurs Rolland, Jus, à la collaboration des ateliers de sondages militaires, et à l'initiative des Sociétés agricoles de Batna et de Biskra.

D'après les documents et les statistiques de MM. Jus et Rolland, d'après nos observations qui s'étendent sur plus de dix années, nous estimons que les eaux artésiennes de l'Oued R'hîr obéissent généralement aux lois suivantes :

1° *Le niveau hydrostatique des eaux des nappes artésiennes est d'autant plus élevé que les nappes sont plus profondes.*

2° *Le débit des sources artésiennes croît avec la profondeur des nappes ;*

3° *La quantité de sels dissous diminue à mesure que la profondeur des nappes augmente ;*

4° *Le poids et le groupement des sels dissous ne varient pas sensiblement avec les saisons, ni avec les années pour une même nappe ;*

5° *Les sulfates de chaux et de magnésie dominent généralement dans les eaux artésiennes, puis viennent, par ordre de décroissance, les chlorures alcalins et terreux, les carbonates terreux, etc. ;*

6° *La plupart des eaux artésiennes renferment des azotates en quantités dosables. Pour une même eau, les quantités d'azotates varient peu d'une année à une autre. On ne peut appliquer à ces sels la 3^{me} loi.*



II

Etude des eaux superficielles et des eaux profondes du Bas-Sahara.

Attaché à une colonne qui a parcouru la région comprise entre Biskra, Tougourt, Ouargla, pendant les mois de novembre et décembre 1898, nous avons pu continuer les observations commencées jadis sur les bassins de l'Igar-ghar et de l'Oued Mya.

Nous allons les exposer dans ce chapitre.

La région comprise entre Biskra et Tougourt a été particulièrement étudiée et décrite au point de vue géologique par les ingénieurs Dubocq, Ville, Rolland.

A partir de Tougourt, la colonne de 1898 s'est légèrement éloignée, sur l'Est, de l'itinéraire des anciennes missions. Aussi croyons-nous utile de décrire l'aspect du sol parcouru entre ces nouvelles étapes.

Par ce fait qu'Ouargla appartient administrativement au département d'Alger, les caravanes et les convois réguliers vont généralement à Ouargla par Laghouat et le M'Zab. Il y a par là une ligne de puits bien entretenus, qui permet de franchir l'espace compris entre les points extrêmes en une dizaine de jours.

Néanmoins, des relations commerciales directes ont existé de tout temps entre Ouargla et Biskra. La longue et régulière dépression de l'Oued R'hir et de l'Oued Mya est géographiquement la route la plus commode et la plus naturelle pour relier les Hauts Plateaux à l'Extrême Sud.

De Tougourt à Ouargla.

DE TOUGOURT A BLEDET-AMAR.

L'oasis de Tougourt et ses environs immédiats appartiennent à la zone des bas-fonds de la longue dépression appelée Oued R'hir, uniquement composée d'alluvions modernes, qui recouvrent, comme d'un vaste manteau, le terrain crétacé.

La colonne commandée par le colonel Lugan, campée, le 17 décembre 1898, à l'ouest, à 200 mètres environ de la Casbah, dans une zone de dunes de sables gypso-quartzeux, qui sont une perpétuelle menace pour cette partie de l'oasis, s'est portée, le 18, vers Bledet-Ahmar, dans une direction générale S.-S.-O.

Quittant le sable, elle s'est engagée presque immédiatement dans une série de fonds de chotts à sol givreux et cristallin (Barh-Medjarja, Mezoug-Chott Toulou).

Ces chotts sont bornés à l'Est par un plateau où domine le gypse, Koudiat-El-Koda, élevé d'une dizaine de mètres au-dessus de la vaste dépression, et qui s'avance en diminuant peu à peu jusqu'à Témacin, où il va se perdre dans les falaises éloignées de l'Ouest.

Témacin est bâti en pisé, d'une façon très pittoresque, sur une éminence formée de ce sable gypso-quartzeux aggloméré presque en consistance de grès. Le Koudiat-el-Koda

et la chaîne qui le prolonge dans la direction N.-E.-S.-O. ont la même composition.

Les chotts se prolongent avec une continuité parfaite jusqu'à Bledet-Ahmar. C'est sur ce sol desséché et fortement imprégné de sels de différentes natures que toute la première étape a été effectuée. L'eau jaillissante, provenant de puits indigènes, abonde dans toute la région. De larges canaux lui assurent une circulation facile ; et les entailles faites dans le sol nous permettent de constater :

Au-dessous de la croûte saline superficielle, se trouve une couche marneuse, formée d'un mélange d'argile, de carbonate de chaux, de carbonate et de silicate de magnésie et de carbonate de fer.

Le fer, à l'état de protosel, communique, en plusieurs endroits, une belle couleur verte à la marne des chotts.

Dans certains fonds près de Témacin, en partie inondés au moment du passage de la colonne, l'eau et le sol apparaissent colorés d'une belle teinte sanguine due à l'oxydation des marnes ferrugineuses et à la formation d'hydrate de sesquioxyde de fer, dont il serait intéressant de déterminer la cause.

La région présentant ce phénomène recèle également dans les couches marneuses de larges bandes de lignites noirs mal agglomérés, renfermant de petits cristaux brillants de sulfate de chaux.

Ce lignite, autrefois analysé (1896) par ordre de M. le Général commandant la division de Constantine, appartient à la variété des lignites terreux de Grüner. Il est de mauvaise qualité, car il ne donne pas plus de 25 % de carbone total.

Il est aussi difficile de pouvoir apprécier, dans l'espace compris entre Tougourt et Bledet-Ahmar, l'épaisseur des alluvions que la largeur de la vallée où coulaient autrefois l'Igarghar et l'Oued Mya.

L'absence des berges que l'on rencontre si fréquemment dans la vallée de l'Oued Djedi, par exemple, l'éloignement des falaises, surtout à l'Est, laissent, sur le second point, l'observateur indécis.

Les sondages opérés, qui ont mis en évidence la succession des couches depuis longtemps décrites : El-Abah, gypse terreux ; El-Trab, marne et argile jaune sableuse ; El-Tizaouin, sable mêlé d'argile avec gypse et calcaire ; El-Hadjar, cristaux de gypse jaune agglomérés ; El-Mazoul, argile blanche et verte, sont insuffisants pour que l'on puisse affirmer qu'on est fixé sur le premier point.

Pendant notre séjour à Tougourt, la sonde, retirée du fond d'un puits de 70 mètres (puits en construction), a donné une masse sableuse exclusivement composée d'éléments fluviaux.

La continuité des fonds de chotts de Tougourt à Bledet-Ahmar, la disposition générale des grands axes des chotts N.-E.-S.-O., les comparaisons que nous avons l'occasion de faire plus loin entre la disposition de ces chotts et des autres plus petits qu'on rencontre jusqu'à Ouargla, nous permettent de croire :

1° Que la confusion des deux fleuves se produisait bien au Sud de Tougourt ;

2° Que les deux vallées avaient leurs points de resserrement maximum vers Bladet-Ahmar, d'où une gouttière unique se dirigeait vers le chott Melrir ;

3° Au delà de Bledet, vers le S.-S.-O., l'estuaire des deux fleuves s'élargit; mais le système hydrographique de ces régions supérieures reste le même et ne nous paraît sous aucun rapport mériter de former un groupe à part, ainsi que l'admettent certains ingénieurs, dans la vaste dépression qui descend vers les grands chotts.

Ceux-ci invoquent que le banc rocheux (El-Hadjar) manque au Sud, de même que la couche d'argile ferrugineuse (Rolland, *Géologie*, p. 242); or, nous ne croyons pas que les rares sondages faits vers Bardad puissent justifier pareille affirmation. Quant à l'argile ferrugineuse, nous l'avons retrouvée bien au delà de Bledet-Ahmar.

On s'appuie également sur cette considération que vers Bledet-Ahmar se trouve le point de jonction des deux grands oueds (Rolland, *Géologie*, p. 236).

Or, nous sommes persuadé et nous espérons pouvoir démontrer que les deux fleuves se confondaient autrefois bien plus au Sud par une foule de canaux, aujourd'hui fonds de chotts, canaux de plus en plus restreints à mesure qu'on se rapproche de Bledet-Ahmar, où les vallées se resserraient définitivement tout en ayant encore leurs berges distantes de plusieurs kilomètres.

Les eaux venues du Ahoggâr et du Tadmayt se confondaient donc sur un grand lit en éventail, coupé par des lignes transversales et ayant Bledet-Ahmar comme angle, au sommet, la région de N'Goussa et celle de Hassi-Naïouet comme points de réunion extrême (1).

(1) La région N'Goussa-Ouargla faisant partie du grand delta où les deux fleuves se réunissaient par des canaux secondaires, il en résulte la possibilité d'admettre que les eaux souterraines d'Ouargla peuvent bien être un

L'écoulement des eaux, provenant des puits indigènes ou français, paraît assez régulier et facile dans l'oasis de Bledet-Ahmar. Le village, un peu élevé, semble situé dans de bonnes conditions sanitaires.

On ne peut en dire autant du village de Témacin, entouré, à la façon des anciennes villes fortifiées, de fossés où l'eau circule difficilement et où s'accumulent toutes sortes d'immondices et de détritrus organiques; ce village paraît se trouver dans des conditions sanitaires très défectueuses.

Nous mentionnerons pour mémoire l'agglomération de Tamelath et son importante Zaïoua, près de laquelle la colonne fit halte au retour. Les puits nous donnèrent là une eau semblable à celle de Tougourt, dont ils sont distants de 15 kilomètres environ.

DE BLEDET-AHMAR A EL-FÉTIR.

De Bledet-Ahmar à El-Fétir, la colonne suit une direction à peu près N.-S.-S.-O. et parcourt pendant une vingtaine de kilomètres des sols à alternances sableuses et marno-gypseuses. Toute la région s'incline vers le nord d'une façon peu sensible. C'est une succession de petits chotts desséchés, séparés les uns des autres par des seuils très peu élevés, de 0 m. 50 à 3 mètres au plus.

Par leur état de dessèchement, les bas-fonds traversés se distinguent de la grande gouttière Bledet-Tougourt, si uniformément humide; ces petits chotts n'ont plus leurs grands axes rigoureusement dirigés dans les sens N.-E.-S.-O., mais

mélange d'eaux provenant du Haut Igarghar et d'eaux provenant du Haut Oued Mya (Tadmayt).

leurs axes ont des directions contrariées où pourtant domine la ligne E.-O.

Les efflorescences sont pauvres, à peine indiquées à la surface des chotts. Les mélanges salins sont pulvérulents, tantôt blanc grisâtre, tantôt blanc jaunâtre ; la croûte qui recouvre l'intervalle des fonds est plus dure : le gypse y domine, la roche y est rare.

Le sable des seuils, assez pénible pour la marche, est à peu près uniformément coloré en jaune. Quelques fonds ont l'aspect vert, constaté entre Tougourt et Bledet, et affirment la présence des marnes mélangées à des protocels de fer.

Enfin, sur les sommets des seuils les plus élevés, on trouve du gypse lamellaire. A quelques kilomètres avant d'arriver à l'étape, commencent à apparaître des échantillons de silex blanc très petits.

La grande dépression de l'oued Mya se dirige de Bledet sur le S.-O. vers Bardad, tandis que la direction prise par la colonne est celle du S.-O.-S. Néanmoins, il est facile de constater que toute la région est saturée de dépôts d'origine fluviale.

C'est au point extrême de l'étape que se trouvent, au milieu de la première agglomération rencontrée méritant le nom de dunes, les puits d'El-Fétir. Ces dunes forment une série de cônes allongés dans le sens E.-O., à sommets arrondis, élevés d'une dizaine de mètres au plus, formant un seul îlot de quelques kilomètres de long.

Ces alluvions sableuses, surgissant inopinément dans une plaine remarquable par la régularité de sa constitution et ne se raccordant à aucune grande chaîne du même genre, sont dues certainement à un phénomène postérieur au dépôt

de l'atterrissement général et ne paraissent avoir aucun rapport avec les formations détritiques sous-jacentes.

DE EL-FÉTIR A HASSI-MESSAOUD.

La colonne, en quittant le pied des dunes à El-Fétir, parcourt d'abord une région de fonds de chotts elliptiques très humides et dont les grands axes présentent des directions contrariées. On y trouve peu d'efflorescences blanches, quoique la surface soit saturée de sels divers cristallisés; mais des marnes diversement colorées, vertes, jaunes, rouges, et, en quelques endroits, des lignites noirs pulvérulents, presque superficiels, aussi apparents que dans les fonds de chotts situés en aval de Bledet-Ahmar.

Puis, les seuils qui séparent les dépressions deviennent plus larges, quoique restant peu élevés. Ces seuils précédemment avaient une largeur variant de quelques mètres à une centaine de mètres. Ici, ce ne sont plus des éminences sableuses jaunes ou jaune-rougeâtre en succession ininterrompue, mais de larges bandes pouvant atteindre près de 1 kilomètre, terreuses, planes, caractérisées par des dépôts irréguliers et inégaux de croûtes gypseuses.

Le sulfate de chaux s'est déposé, tantôt en masses lamellaires, tantôt en masses spongieuses ou en couches tabulaires. Parfois, le précipité a été abandonné en un immense dallage de quelques centimètres d'épaisseur sur le sol déjà saturé d'autres sels (dont nous donnerons plus loin l'analyse).

Ce dallage primitivement cohérent et uniforme, a subi sous l'influence de diverses causes et probablement grâce à

des redissolutions et à des tassements sous-jacents, des pressions qui l'ont transformé finalement en une surface inégale, fissurée, craquelée, formant d'irrégulières mosaïques. Le gypse qui le compose est loin d'être pur, comme nous l'indiquons plus loin ; mais ce qui donne à ces larges bandes un aspect remarquable, pittoresque, surtout lorsqu'on les observe de loin, c'est la profusion de nodules siliceux de toutes couleurs qui recouvrent les dépôts gypseux et leurs intervalles, nodules ne dépassant pas généralement la grosseur d'une noix.

Les plaines ainsi recouvertes ressemblent de loin à d'immenses tapis à rayures sombres. Leur direction est généralement E.-O.

Sous les dépôts salins qui imprègnent toute cette surface et sous les alluvions énormes qui la soutiennent, les couches plongent-elles vers le S.-E., ainsi que le déclare l'ingénieur Ville (*Exploration dans le Sahara*, p. 464) ? Nous n'avons rien vu autour de nous et dans les limites de l'horizon qui puisse nous renseigner à cet égard ou justifier une telle hypothèse.

Au loin, à droite et à gauche de la piste suivie par la colonne, apparaissent, sous l'aspect de trapèzes assez réguliers, des témoins d'érosion d'une dizaine de mètres de haut, recouverts d'une corniche gypseuse dure.

Les puits de Messaoud sont situés à environ 25 kilomètres d'El Fétir dans une légère dépression ne formant pas toutefois fond de chott et tapissée de roches calcaires plates très dures, en partie recouvertes de sables.

Dalles gypseuses entre Bledet-Ahmar et El-Fétir.

Sulfate de chaux.....	920	} pour 1 gramme
« de magnésie.....	035	
Quartz.....	028	
Silicates alcalins et terreux.....	003	
Chlorures alcalins.....	014	

DE HASSI-MESSAOUD A EL-HADJIRA.

A partir de Hassi-Messaoud, la colonne se porte vers El-Hadjira, suivant constamment la direction Est-Ouest pendant 20 kilomètres environ.

La plaine dure, gypseuse, de Messaoud se fond au bout de 2 kilomètres environ, en une plaine sableuse, jaune-rougeâtre, mamelonnée, sans gypse, ni cailloux siliceux.

Cette étendue sableuse confine au bout de 3 kilomètres, à une faible dépression d'un kilomètre environ en fond de chott, couverte d'efflorescences et de dépôts amorphes de gypse. Ce fond est givreux, peu humide; on y retrouve par places des marnes colorées diversement. Un seuil peu apparent, vallonné faiblement, en sable gypso-quartzeux, limite ce fond de chott; puis, nous retombons pendant la moitié de l'étape dans une succession de bas-fonds semblables, plus petits, circulaires ou légèrement elliptiques, séparés par de simples seuils toujours identiques d'aspect.

C'est ainsi que nous gagnons une grande bande grisâtre, striée, ayant, vue de loin, l'aspect d'un long tapis à rayures sombres et formant une espèce de hamada bien horizontale, dont la surface disparaît littéralement sous une couche de rognons siliceux de toutes nuances.

On en trouve de peu colorés, translucides, d'autres colorés en blanc, noir, jaune, chocolat, arrondis, usés, polis à l'extrême, enfin parfois lustrés et vernis d'une façon remarquable; ils recouvrent un sol gypseux. Plus loin les silex diminuent un peu, le placage gypseux apparaît, formant de grands îlots de dalles brisées en mosaïque irrégulière comme nous en avons déjà rencontré dans les précédentes étapes. Ce sol se prolonge en s'abaissant progressivement, mais toujours d'une façon peu sensible, jusqu'à l'échancrure de Dra-El-Kesdir, environ à 6 kilomètres d'El-Hadjira.

Les grandes érosions visibles en cet endroit, nous montrent un sous-sol de sables rouges agglomérés en consistance de grès. Les masses, usées par les eaux fluviales, au pied desquelles se développe la colonne à Dra-El-Kesdir, sont entièrement composées de grès quaternaire dont les sommets nous dominent d'une vingtaine de mètres. Ces sommets qui représentent l'ancien niveau du plateau saharien avant les érosions, sont recouverts d'un placage gypso-calcaire analogue à celui sur lequel on a marché pendant une partie de l'étape.

La désagrégation et la dissolution par l'eau, les dislocations postérieures sous l'influence des écarts de température (dilatation, contraction, fendillement), l'action d'usure et de destruction des vents, ont produit, sur les escarpements diversement cimentés et résistants de la falaise située à droite de la colonne, des reliefs inégaux et caractéristiques (cordons saillants, bancs en surplomb, angles divers, etc.).

A partir du point qui nous occupe, la colonne entre dans

le Thalweg prpprement dit de l'Oued Mya, qu'elle ne quitte plus jusqu'à El-Hadjira, marchant sur des alternances de fonds de chotts, remplis de cailloux roulés, de silèx blancs, et de masses sableuses jaunes, légèrement mamelonnées.

Arrêt et campement au pied du village d'El-Hadjira, près de l'oasis disposée à la façon des oasis du Souf, les sables encaissant les jardins. Le village est bâti sur une corniche gypso-sableuse, assez bien agrégée, formant un promontoire qui s'avance vers l'Ouest, sur la rive droite de l'Oued Mya, et qui domine la vallée de l'oasis d'une cinquantaine de mètres.

Lorsque, du village d'El-Hadjira, on examine la vallée de l'Oued Mya, on se rend bien compte du changement d'aspect qui survient peu à peu, dans la suite des siècles, sur certains points du Sahara et sous l'influence des vents.

Que leur œuvre ici se continue, qu'elle s'étende sur toute la trace du fleuve, et, dans quelques centaines d'années, il ne sera plus possible de reconnaître le lit de l'oued, enseveli sous les flots de quartz amenés par les vents et entassés en dunes. Les fonds de chotts, les surfaces gypseuses auront disparu, comme s'est perdu, sous un linceul uniforme, l'Oued Souf, dont tout le monde parle à l'est de Tougourt et que personne n'a jamais retrouvé.

Cette transformation est d'ailleurs tellement lente qu'elle ne nous paraît pas devoir être un obstacle à l'établissement, au fonctionnement et à la protection d'une voie ferrée.

DE EL-HADJIRA A HASSI-DAHANE.

La vallée proprement dite de l'Oued Mya paraît assez nettement marquée au pied de la colline sur laquelle est bâtie El-Hadjira, et si, montant au sommet de cette colline, on examine l'horizon à l'Ouest, on se rend compte très exactement de l'emplacement et de la direction du fleuve. Le lit occupé en grande partie par l'oasis actuelle, a 5 ou 6 kilomètres de large; il est constitué par un sol sableux où le quartz domine et où s'est produite une énorme accumulation de cailloux roulés.

La régularité de ce bas-fond est rompue par la présence de chaînons irréguliers, de petites dunes exclusivement sableuses; au delà du lit du fleuve, à l'Ouest, apparaissent les oasis de Taibet et d'El-Alia. Ces deux oasis, comme celle d'El-Hadjira, doivent la vie à une nappe souterraine aqueuse peu profonde.

Au delà d'El-Alia apparaissent nettement les lignes de faite de la rive gauche, irrégulièrement découpées, qui sont les derniers contreforts du massif de M'Zab, inclinés de N.-O. vers le S.-E. Ces collines, plus élevées que les témoins d'érosion que nous avons eu l'occasion de rencontrer, se prolongent jusqu'à l'ouest d'Ouargla et au delà. Leurs échancrures donnent passage aux fleuves du M'Zab, tributaires de l'Oued Mya.

Aussi ont-elles été violemment corrodées par les affusions torrentielles venant des profondeurs du bassin. Vues en face, elles apparaissent en ligne brisée, dont nous donnons ici une projection prise entre El-Hadjira et Hassi-Dahane.

On voit que les pointes et les sommets des escarpements sont tous à peu près dans le même plan qui représentait la surface régulière du plateau avant les érosions.

En quittant El-Hadjira, la colonne, tout en restant sur la rive droite à peu de distance de la ligne de fond, chemine sur un sol excessivement irrégulier, sableux, pendant des espaces beaucoup plus longs que précédemment. De temps en temps, des couvertures en dalles brisées, gypseuses, puis des rognons lisses, siliceux, polychromes. A la moitié de l'étape, les fonds de chotts reparaissent. La surface saline est blanche, mêlée de sables rouges ; puis la colonne, traversant un espace de rég. pierreux, pénètre, à travers une série de petites collines peu élevées, sableuses, pour arriver à une large plaine ou hamada grise. Cinq kilomètres environ avant d'arriver à l'étape, nous rentrons dans le sable blanc, alternant avec des bandes très étroites, pierreuses, émaillées de débris siliceux de différentes grosseurs et diversement colorées.

Tandis que, à l'horizon, à l'Ouest, se poursuivent sans interruption les grandes lignes brisées du soulèvement du M'Zab, à l'Est, nous n'apercevons que de rares témoins d'érosions très éloignés, élevés seulement de quelques mètres et ayant uniformément l'aspect de trapèzes allongés.

Les puits d'Hassi-Dahane occupent une légère dépression dans la grande plaine sableuse, où, de plus en plus, le gypse diminue pour faire place au quartz.

DE HASSI-DAHANE A HASSI-DEBICHE.

Pendant les 5 premiers kilomètres environ, la colonne chemine sur un sol sableux, alternant avec un sol plus dur,

à couverture blanche, parfois en dalles fracturées. Ici, comme dans la plupart des plaines du Sahara, le vent accumule à la longue, au pied de chaque touffe, Drinn, Diss, Zeita, Ethel, etc., une petite dune de quelques décimètres de haut. Ces petites accumulations forment de véritables vagues dans la mer sableuse que nous traversons et constituent, avec la faible cohésion des particules gypso-quartzeuses, la plus grande difficulté dans la marche des hommes et des chevaux.

Puis, reparaissent les successions de petites éminences sableuses, et de larges bandes planes, émaillées de concrétions siliceuses, polychromes, variant de la grosseur d'un grain de mil à la grosseur du poing. La dernière de ces bandes se trouve à 10 kilomètres environ d'Hassi-Dahane. Nous n'aurons plus l'occasion d'en rencontrer avant Ouargla. Vers le 12^e kilomètre, les sables purs reparaissent, sables rouges, sables jaunes, irrégulièrement vallonnés; sur la gauche apparaît une agglomération de dunes, semblables par leur hauteur et leur disposition, à la chaîne de dunes rencontrée à El-Fétir. Puis, nous retombons, pendant quelques kilomètres, dans une série de fonds de chott, sans argile apparente, mais recouverts d'efflorescences salines blanches.

Par des alternances de surface de sebka et de seuils sableux jaunes, vallonnés, nous atteignons les puits de Hassi-Debiche, situés dans un fond de chott givreaux.

Hassi-Debiche a dû donner autrefois la vie à des palmiers, dont il ne reste plus aujourd'hui que deux ou trois maigres palmiers; toute la région entre Hassi-Dahane et Hassi-Debiche, de même que Arifigi et Doniouidi, où la

colonne s'est arrêtée au retour, appartiennent aux environs immédiats de la Sebka Safioun, qui se trouve à quelques kilomètres sur notre droite, et que traversaient les eaux les plus profondes de l'Oued Mya.

DE HASSI-DEBICHE À N'GOUSSA.

L'étape parcourue entre Hassi-Debiche et N'Goussa se ressent du voisinage de la Sebka Safioun, dont nous allons suivre la rive droite pendant plusieurs kilomètres. Cette sebka est un fond de lac allongé d'une dizaine de kilomètres au Nord-Est de N'Goussa dans le sens S.-O.-N.-E., et représente, sans aucun doute, le lit mineur de l'Oued-Mya qui coulait aux premiers temps de l'époque quaternaire à peu près en ligne droite de Ouargla vers El-Hadjira. Le sol d'atterrissement est recouvert dans toute cette région d'une croûte sableuse presque brune, imprégnée, saturée de sels, dont nous donnons plus loin la composition.

En quittant Hassi-Debiche, la colonne traverse d'abord une grande plaine de sables blancs où la silice domine, plaine fertile où les végétaux sahariens sont abondants. Les hautes falaises découpées de la rive gauche de l'Oued Mya continuent à se dérouler à une dizaine de kilomètres sur notre droite, tandis qu'au loin, sur notre gauche, les plateaux à silhouette de trapèzes épargnés par les érosions fluviales deviennent de plus en plus rares. Le gypse diminue peu à peu sur le sol que nous foulons, et les sables, les dépôts de saturation, les concrétions sont surtout formés de quartz et de chlorures alcalins terreux.

Nous entrons, à 5 ou 6 kilomètres d'Hassi-Debiche, dans

un fond de chott avec marnes rouges et couverture en pierres semi-dures, dont nous donnons plus loin la composition. Des efflorescences très blanches parsèment en îlots les parties les plus humides des bas-fonds. Elles diminuent à mesure qu'on se rapproche de N'Goussa.

N'Goussa se trouve à l'extrémité sud du Chott Safioun.

L'oasis est placée aux pieds d'un massif de dunes détachées d'un contrefort de la falaise qui longe à l'ouest l'Oued Mya. Ces dunes reposent sur un sol de sable rouge gréseux, d'une cohésion remarquable. Ces dunes, constituées par du quartz, ont une quinzaine de mètres de haut; les plus importantes que nous avons pu parcourir à proximité du camp ont leur crête supérieure dessinée en arc de cercle, la convexité généralement tournée vers le Nord.

Sol de la Sebka Safioun :

Solubles dans H O.	{	Chlorures alcalins et terreux..	ogr 140	} Pour 1 gramme.
		Sulfate de chaux.....	o 060	
		Sulfates alcalins.....	o 021	
		Silicates.....	o 008	
			o 229	
		Quartz.....	ogr 730	
		Eau.....	o 410	
			o 771	

DE N'GOUSSA A OUARGLA.

La première partie de l'étape, à la sortie des dunes qui dominant l'oasis et le village de N'Goussa, s'opère sur un sol siliceux sec, avec sous-sol en grès rouge friable; puis le sol est constitué de sables rougeâtres jusqu'au pied du Gara-Mouraneb, sur lequel est bâti le poste optique. Ce

poste domine la vallée de 80 mètres environ. Le Gara-Mou-raned est un vaste contrefort détaché de la falaise qui longe à l'Ouest la vallée de l'Oued Mya; dans la direction E.-O., des dunes de sable se sont formées au pied de ce gara et ont envahi le fond des chotts qui représente l'Oued Mya sur une longueur et sur une largeur de plusieurs kilomètres.

Ces dunes sont entièrement composées de sables siliceux d'une ténuité et d'une finesse microscopiques. C'est une succession de petits monticules de 5 ou 10 mètres de haut, à pentes très lisses, se rattachant les uns aux autres, remarquables par leurs sommets à longues arêtes courbées, bien nettes et arquées.

Après avoir quitté ce massif où la marche est très pénible, la colonne chemine sur un fond de chott givrex à efflorescences grises ou blanches, parfois farineuses. Ce sol se recouvre peu à peu de rognons siliceux, plus gros que ceux que nous avons rencontrés jusqu'ici, peu colorés, translucides. Il a une unité parfaite pendant environ 12 kilomètres jusqu'à Ouargla. Il constitue ce qui a été appelé la cuvette d'Ouargla, occupée par les oasis de Ad-Jaja, Chott, Khouillet, Rouissat, Ouargla, Ba-Mendil.

Fond de chott, Ouargla.

Chlorures alcalins.....	110	} Solubles dans H O = 193. Pour 1 gramme.
Chlorure de magnésium	015	
Sulfate de chaux	040	
Silicates alcalins.....	028	
Quartz	784	} Insolubles dans H O = 807.
Chaux.....	007	
Magnésie	005	
Eau et matière organique.....	011	

*Les nappes profondes et les nappes superficielles
du Bas-Sahara.*

(Colonne d'Ouargla).

En 1898, le Commandement fit creuser une série de 60 puits groupés par 10 dans les stations suivantes, sur une piste que nos troupes n'avaient pas encore parcourue : à El-Fétir, Hassi-Messaoud, Hassi-Dahane, Hassi-Debiche, Arifigi, Donioudi.

C'est le long de cette route (160 kilomètres environ) que la colonne commandée par M. le colonel Lugan a utilisé, comme eau de boisson, l'eau des nouveaux puits et l'eau des puits anciens récemment curés, à Tougourt, Bledet-Ahmar, El-Hadjira, N'Goussa, Ouargla.

L'analyse chimique a donné pour ces différents puits des résultats que nous résumons dans le tableau suivant :

TABLEAU I. — *Classes d'eaux du Bas-Sahara.*

ÉLÉMENTS DOSÉS :	DÉNOMINATION DES STATIONS.									
	Tougourt	Bledet Amar	El-Féir	Hassi-Messaoud	EL-Hadjira	Hassi-Dahane	Arfigi H. Dehiche	Doniouidi	N° Goussa	Ouargla
Chlore.....	0.994	0.968	0.743	0.666	0.760	1.034	0.706	1.144	0.558	0.553
Acide azotique.....	023	023			014					015
Acide carbonique..	098	098	078	150	122	430	410	580	068	078
Acide sulfurique.....	1.240	1.240	2.378	2.427	1.268	1.303	3.014	2.012	578	673
Potasse, Soude.....	845	815	645	578	691	893	611	991	441	427
Chaux.....	654	641	841	1.193	488	806	1.166	1.016	298	354
Magnésie.....	260	262	606	340	333	214	778	496	151	180
Silice, Alumine.....	023	033	043	035	068	058	034	049	010	008
Résidu desséché à + 113°.	3.960	2.908	5.296	5.450	3.499	4.327	6.359	5.693	1.970	2.145

De l'inspection du tableau précédent, il résulte que :

1° Les eaux peuvent être classées, en ce qui concerne leur minéralisation, en commençant par la moins chargée, dans l'ordre suivant : Ouargla, N'Goussa, El-Hadjira, Tougourt et Bledet-Ahmar ; Hassi-Dahane, Donioudi, Hassi-Messaoud, El-Fétir, Hassi-Debiche et Arifigi ;

2° Que l'ordre quantitatif des différents sels est sensiblement le même dans toutes ces eaux et que ces sels peuvent être ainsi classés par ordre de décroissance : Sulfate de chaux, chlorure de magnésium et chlorures alcalins, sulfate de magnésie, sulfates alcalins, carbonates, nitrates, silice, alumine, etc... ;

3° Que les eaux les plus pures proviennent des puits situés dans les parties les plus profondes de la large gouttière où circulait l'Oued-Mya (Ouargla, N'Goussa, Bledet-Ahmar, Tougourt, El-Hadjira).

C'est dans la ligne qui réunit ces points que se produit, par différentes artères, l'écoulement souterrain le plus régulier et le plus rapide. C'est là aussi que la constitution minérale de l'eau est la plus uniforme.

A Tougourt, l'eau est jaillissante, et l'examen des différents échantillons pris dans les puits français montre qu'il y a identité de composition, par conséquent, identité d'origine.

C'est donc la même nappe, recouverte de marnes imperméables, circulant dans une masse entièrement quartzreuse, qui alimente les différents puits. Cette nappe est à une profondeur de 70 mètres environ.

L'eau de Bledet-Ahmar est également jaillissante. Nous

pouvons la considérer comme ayant la même composition que celle de Tougourt : ce qui prouve l'étendue de l'artère qui leur est commune et l'imperméabilité de la couverture qui met l'une et l'autre à l'abri des infiltrations locales superficielles.

Les puits d'El-Fétir sont situés dans un massif de dunes de sables quartzo-gypseux. L'eau est ascendante, non jaillissante, et arrive à 4 ou 5 mètres de la surface du sol.

La situation de ces puits est très pittoresque dans les sillons produits par l'accolement de dunes coniques de 10 mètres de haut environ, dépourvues de végétation.

Les puits y sont disposés irrégulièrement ; ceux qui sont les plus rapprochés de la bordure du massif exhalent une odeur très désagréable que nous avons retrouvée dans l'eau de quelques puits d'Hassi-Debiche. Là, des traces de campement étaient visibles aux abords immédiats des puits situés le plus au Nord. Des infiltrations avaient eu lieu, entraînant dans la nappe aqueuse, soit par des fissures dans les parois des puits, soit par la couverture même, insuffisamment imperméable, les déchets de la vie humaine et animale. De là, réduction des sulfates abondants dans ces eaux et formation de sulfures et d'hydrogène sulfuré, qui rendent le liquide repoussant.

Il est donc de toute nécessité, dans le Sahara, de mettre entre les puits et les campements une distance suffisante pour éviter la pollution de l'eau. Les manifestations sulfhydriques de ce genre sont frappantes, dès qu'on entre dans la région du gypse quaternaire.

Lorsque les chameaux ont renouvelé leur provision

d'eau, les phénomènes de la digestion agissent sur les sulfates ingérés d'une façon telle que l'odorat le moins sensible est péniblement impressionné au voisinage d'une agglomération de chameaux, comme celle que comportait la colonne. Les excréments de tous les êtres vivants présentent une coloration noire spéciale, due aux sulfures.

Toutes les sécrétions dégagent elles-mêmes une odeur d'acide sulfhydrique, par suite de l'usage continu de l'eau en boisson. Bien que le gypse n'ait pas d'odeur, on peut que dire que tout le pays sent le gypse de l'Oued R'hir aux environs d'Ouargla et que la diminution des phénomènes décrits ci-dessus est un excellent réactif, indiquant qu'on entre dans une région où la silice domine de plus en plus, à mesure qu'on s'approche d'Ouargla.

A Hassi-Messaoud, Hassi-Dahane, Hassi-Debiche, Arifgi, Donioudi, l'eau des nouveaux puits est faiblement ascendante, non jaillissante. Les puits ont une dizaine de mètres de profondeur. L'épaisseur de la masse liquide est, en général, faible (un mètre au plus) et rapidement épuisée, mais au bout de deux heures au plus, le volume initial est reconstitué. D'ailleurs, la multiplicité et la bonne construction des puits assurent à une colonne armée, quelle que soit son importance, un ravitaillement plus que suffisant.

A El-Hadjira, les puits indigènes, creusés en grand nombre dans les jardins, donnent une eau agréable à boire : eau abondante, presque jaillissante, affleurant le sol.

La nappe est très riche, cela se comprend : elle se trouve dans la partie la plus basse du lit de l'Oued Mya, aujourd'hui desséché, et transformé en verdoyantes palmeraies.

Le lit de la rivière est ici très large : 6 kilomètres environ.

Les puits ont une vingtaine de mètres de profondeur. Ceux qui sont situés le plus près des berges donnent une eau un peu plus chargée et moins agréable à boire que celle des puits situés en plein lit, ce qui prouve qu'elle se renouvelle moins vite et que le mouvement de translation, vers le nord-est, est, sur les bords, moins rapide que dans les parties les plus centrales de l'oued.

Cette remarque s'applique à tous les puits creusés sur la rive droite de la grande rivière.

Il existe, en outre, une cause importante de variations dans la minéralisation de toutes ces eaux peu profondes et situées au dehors du lit de l'Oued Mya :

Leur composition saline est constamment sous la dépendance de la constitution du relief extérieur du sol, plus ou moins chargé, dans toute la région parcourue, de dépôts salins d'origine fluviale, anciens, irréguliers et complexes.

La facilité des infiltrations locales au-dessus de certaines nappes, pendant la saison des pluies, très rares, mais diluviennes, le peu de distance entre le niveau de ces nappes et la partie du sol imprégnée en tout temps, expliquent les différences de composition observées dans les résidus salins des eaux.

Viendraient-elles de très loin, elles ne peuvent offrir (exception faite pour les artères très profondes) une organisation minérale identique, n'étant pas partout dans des conditions de protection nécessaires à la conservation de leur état initial, dans le mouvement très lent de translation qui les entraîne vers le Chott Melrir sur une longueur de plus

de 300 kilomètres, avec une différence de niveau de 150 mètres environ.

C'est en ne tenant pas suffisamment compte de ces phénomènes : *accélération ou ralentissement de l'écoulement des eaux, influence des milieux traversés, contamination par des infiltrations locales*, qu'on a pu nier la parenté d'eaux qui pourtant avaient la même origine, et admettre, sur un parcours remarquable par son unité, des cuvettes indépendantes les unes des autres.

De plus, l'évaporation, phénomène si intense dans le Sahara, si elle n'a pas d'action sur les artères profondes, intervient encore pour aggraver la minéralisation, quand l'eau vient à traverser des couches poreuses, peu profondes, propres aux effets de capillarité, plus ou moins saturées d'éléments solubles, et à se rapprocher de la surface du sol.

Il n'y a donc rien d'étonnant, toutes ces causes réunies, à ce qu'on puisse recueillir dans la région du Chott Bardad, que nous avons côtoyé, des eaux renfermant jusqu'à 12 grammes de sels par litre, à quelques mètres du sol. Des forages plus profonds auraient, sans doute, donné de l'eau ne contenant pas plus de 4 grammes, comme à El-Hadjira; et il nous semble qu'il n'est pas possible de conclure de ce fait accidentel que Bardad forme, au point de vue hydrologique, une cuvette indépendante de Tougourt et d'Ouargla et alimentée de toute autre façon.

En résumé, nous constatons qu'il existe, dans le lit de l'Oued Mya et dans le vaste estuaire compris entre Tougourt et Ouargla, Bel-Haïrane, des artères amenant les eaux du Sud à différentes profondeurs et pouvant ne pas être en

relation les unes avec les autres, quoique ayant la même direction générale et la même région pour origine.

Leur profil n'est pas obligatoirement parallèle à toutes les grandes ondulations du sol, produites par des érosions fluviales. Les unes donnent de l'eau peu minéralisée comme à El-Hadjira, N'Goussa, Ouargla, etc. Les plus profondes paraissent les plus étroites ; les moins profondes semblent s'étendre en nappes plus larges ; elles renferment un mélange d'eaux venues du Haut Igarghar, du Tadmait (vers In-Salah), d'eaux descendues du M'zab et d'infiltrations locales. Les dernières donnent un volume très faible comparé à l'apport des deux autres sources, mais agissent très sensiblement sur leur minéralisation.

De la comparaison entre les eaux diverses descendant des Aurès et celles de la région que nous avons parcourue, il résulte que ces dernières, par la faible quantité de carbonates qu'elles renferment, par la diminution des chlorures alcalins, l'augmentation du chlorure de magnésium, la présence constante des azotates, l'absence des phosphates, certifient qu'elles ne peuvent provenir, pas plus que les eaux profondes de l'Oued R'hir, d'infiltrations au nord du Chott Melrir.

L'étude hydrographique de la région de Tougourt, Bel-Haïrane, Ouargla, où, par mille canaux, l'Igarghar et l'Oued Mya confondaient leurs eaux au seuil de la mer des Tritons (tels le Rhin, l'Escaut, la Meuse, se réunissent devant la mer du Nord, entre Anvers et Rotterdam), pour être complète, nécessite des forages au moins aussi profonds que celui de Biskra qui, malheureusement n'a pas abouti ; Biskra, situé dans la concavité d'un massif crétacé, au centre

d'une cuvette hémicirculaire dont les couches plongent vers le Nord, alors que Biskra est au Sud de l'arc, n'offrait aucune chance de succès. Il n'en est pas de même tout le long des vallées de l'Igarghar et de l'Oued Mya, et rien ne s'oppose à croire qu'on rencontrera des nappes artésiennes puissantes au bas d'alluvions dont ne connaît pas encore l'épaisseur.

Quant aux eaux de El-Fétir, Hassi-Messaoud, Hassi-Dahane, Hassi-Debiche, Donioudi, Arifigi, elles appartiennent à ce que M. Rolland a appelé la nappe habituelle du Bas-Sahara que nous avons qualifiée de nappe superficielle de diffusion. Nous y reviendrons plus loin.

LES EAUX D'OUARGLA.

La partie de la vallée de l'Oued Mya, comprise entre Ouargla et N'Goussa, est celle qui présente la pente la moins sensible et où l'écoulement des eaux est le plus lent. Il n'y a d'ailleurs (d'après les cartes de F. Foureau) qu'une trentaine de mètres de différence de niveau entre N'Goussa et El-Hadjira et quelques mètres entre N'Goussa et Ouargla.

Aussi le bas-fond d'Ouargla est-il, au point de vue sanitaire, dans les plus déplorables conditions.

Une première nappe, peu profonde, alimente les puits à bascule indigènes (nappe superficielle). Une deuxième nappe, située entre 35 et 40 mètres, circule difficilement dans les sables quartzeux sous une couche argileuse. Cette nappe est abondante, ascendante, mais non véritablement jaillissante.

Différents auteurs, Ville, Rolland, Verdan, etc., ont décrit avec détail les puits d'Ouargla, la nature de l'eau, le nombre de captations, la température à l'émergence, etc. Nous n'avons rien à ajouter à ces travaux. Disons seulement que cette dernière nappe a fait, en 1889, l'objet d'une étude très documentée de M. le capitaine du Génie Courbis, qui a prouvé :

1^o Que la nappe souterraine avait un mouvement lent de translation dans le sens S.-O.-N.-E. ;

2^o Que le maximum de vitesse de ce mouvement, le maximum de niveau et de pression se trouvaient dans la direction Rouissat-Ouargla, au centre du cercle formé par l'agglomération des oasis.

Différents auteurs ont affirmé qu'il serait illusoire de chercher plus bas d'autres nappes jaillissantes. Les sondages pratiqués jusqu'ici, n'ayant pas atteint la limite des alluvions, il ne nous est pas possible de considérer cette affirmation comme démontrée ; au contraire, en présence de la constitution et de l'épaisseur de ces alluvions, de leur régularité et de leur étendue dans le sens S.-O.-N.-E, et de l'accroissement régulier du niveau entre Ouargla et les parties supérieures du bassin, nous espérons que le dernier mot n'est pas dit sur les eaux artésiennes de cette région.

L'eau d'Ouargla est une des moins minéralisées et des plus agréables à boire ; malgré cela, c'est une des plus dangereuses pour la santé. Quoique enfermée dans un milieu sableux, entre deux couches marneuses, il y a trop de facilité d'infection dans la nappe, trop de causes d'infection

dans la cuvette sans pente superficielle, pour qu'on puisse mettre en doute la contamination de toute la masse souterraine.

D'abord, nous croyons que la couverture marneuse n'est pas suffisamment épaisse et imperméable. Ensuite, le niveau hydrostatique de l'eau n'est pas assez élevé. Cette puissance de projection ascensionnelle, si remarquable dans l'Oued R'hir, diminuerait beaucoup la contagion par la surface. Une nappe tout à fait superficielle, polluée par le sol de l'oasis, retombe dans la nappe profonde par maints orifices.

Ouargla est une agglomération de six oasis, comptant plus d'un million de palmiers. La population sédentaire est très dense ; les troupeaux sont nombreux ; les causes d'infection locale sont multiples.

L'eau d'Ouargla empoisonne à la façon des conserves avariées, des ptomaines. C'est le mal du pays. Il est sans remède en l'état actuel ; car c'est forcément à la nappe souterraine qu'aboutissent les déchets de la vie humaine et animale des oasis qui vivent au-dessus. Et il n'y a pas d'autre eau à boire.

Aussi, en 1884, le docteur Verdan considérait Ouargla comme un des points les plus malsains de l'Algérie ; et, en 1890, le médecin-major Lanel, écrivait (1) : « La nappe souterraine d'Ouargla constitue un vaste marais salant souterrain placé dans des conditions exceptionnelles d'activité morbide ».

e hygiénique, il y a donc intérêt à creuser

(1) *Topographie médicale d'Ouargla*, (Arch. de méd. et de pharm. milit., 1890, t. XVI, p. 384

des puits très profonds, aboutissant aux nappes les plus éloignées, inaccessibles aux infiltrations. Un inconvénient de tels puits consisterait dans l'apport, sur un sol déjà saturé d'humidité, d'eau surabondante, gênante, étant donnée la difficulté de l'écoulement.

Ces puits devraient être en nombre restreint, bien tubés en fer; leur orifice, ordinairement clos, ne s'ouvrirait, par un mécanisme semblable à celui des fontaines fermées des villes, qu'au moment du besoin; et l'eau distribuée ne serait utilisée qu'en boisson.

Dans notre tableau d'analyse (étude hydrologique), nous indiquons la composition de l'eau du puits de la Casbah (Ouargla).

L'eau de la nappe superficielle est un peu plus chargée : voici sa composition (résidu de 1 litre d'eau).

Chlorures alcalins et terreux	1 gr. 635
Sulfates de chaux et de magnésie.....	1 475
Carbonates de chaux et de magnésie.....	0 025
Total des sels.....	3 gr. 135

En outre, elle renferme des nitrates que nous avons dosés par le procédé Grandval et Lajoux (à raison de 0 gr. 035 par litre d'eau, évalués en K. Azo⁶).

Nous n'avons pu faire sur place le dosage des matières organiques par le permanganate de potasse. De retour à Constantine, il était inutile, ne pouvant plus donner que des chiffres erronnés. Il suffit, d'ailleurs, de parcourir les oasis pour constater la pollution des eaux, pour lesquelles l'analyse bactériologique présenterait plus d'intérêt que toute autre.

RÉSUMÉ.

Si nous considérons l'ensemble du territoire parcouru par la colonne du Sahara, entre Tougourt et Ouargla, nous constatons :

Que nous avons constamment traversé une succession assez régulière de fonds de chotts et de seuils sableux ou pierreux, le tout appartenant aux terrains d'alluvions quaternaires ; que nous avons rencontré trois érosions un peu considérables à Dra-El-Kesdir, El-Hadjira, Chabet-Lakdar.

Que de plus petits témoins d'érosion, affectant la forme tronconique et la même hauteur, existent dans la région.

L'inspection de ces reliefs de l'ancien plateau, survivant à une ablation considérable, d'origine fluviale, et des chotts situés à leurs pieds, nous conduit à admettre que, indépendamment d'une direction générale S.-O.-N.-E., dans un lit mineur, l'Oued Mya s'est répandu jadis dans toute la plaine, entre Tougourt et Ouargla, par mille canaux qui communiquaient avec l'Oued Igarghar.

Les nombreux fonds de chotts, allongés, souvent placés bout à bout, coupés par des ensablements, représentent bien un lacs, un enchevêtrement de canaux réunissant les deux fleuves.

On peut se demander, ici, si c'étaient les eaux de l'Igarghar qui rejoignaient celles de l'Oued Mya par ces canaux, ou inversement, ou si les deux fleuves étaient dans le même plan. La question est à résoudre ; elle est assez délicate, car la différence de niveau entre Tougourt et Ouargla est d'une quarantaine de mètres seulement. C'est à peu près ce qui a

lieu entre Tougourt et le cours supérieur de l'Igarghar, sous la latitude d'Ouargla. D'autre part, les constatations d'altitude n'ont été faites jusqu'ici qu'à l'aide du baromètre. Elles ne peuvent être bien exactes, les baromètres témoins se trouvant trop éloignés (à Biskra ou à Gabès).

Les massifs de dunes que nous avons rencontrés à El-Fétir, sur un seuil gypseux, et près d'Hassi-Dahane, sur un fond de chott, entre N'Goussa et Ouargla où elles se rattachent aux falaises qui séparent le Mزاب de l'Oued Mya, nous montrent que :

La disposition variée de ces massifs, l'indifférence avec laquelle les sables ont été accumulés sous forme de dunes n'ont aucun rapport avec les formations détritiques antérieures.

Certains observateurs ont avancé que, pour constater l'allure des couches souterraines dans tout le Sahara, on doit observer le relief extérieur du sol, relief auquel ces couches sont généralement parallèles. On en arriverait ainsi, avec cette théorie, à imaginer des soulèvements, des plissements et des plongements que nous ne pouvons accepter.

En effet, dans cette partie du Sahara, la disproportion entre les surfaces attéris et celles occupées par les roches préexistantes et l'immensité des phénomènes détritiques, dépassent tout ce que l'on peut imaginer. Aucun sondage assez profond n'a pu vérifier la loi énoncée plus haut, en cherchant des correspondances souterraines à des élévations qui ne sont que des dunes ou des témoins d'érosions.

L'examen des reliefs extérieurs a pu faire croire à l'indépendance des cuvettes de Ouargla, N'Goussa, Bardad,

situées en ligne droite S.-O.-N.-E. Un des arguments invoqués pour justifier cette théorie est la différence de composition entre les eaux de ces régions. Nous avons donné plus haut les raisons qui enlèvent toute valeur à cet argument. Nous répétons qu'on connaît peu les eaux les plus profondes de ces régions et que la constitution des autres est soumise à bien des fluctuations.

Enfin, on n'est pas plus renseigné, dans l'espace parcouru par la colonne, sur le prolongement souterrain dont parle l'ingénieur Ville (*Explorations dans le Sahara*, 1860), dans le sens N.-O.-S.-E., des soulèvements qui séparent les bassins des différents affluents (Oued Nça, Oued M'Zab, etc.), qui rejoignent l'Oued Mya presque à angle droit.

Mais il nous paraît que le plateau du M'Zab a subi, de la part de l'Oued Mya, à une époque relativement récente, une action corrosive formidable ; que le lit du grand fleuve s'est étalé, d'une façon ininterrompue, jusqu'à Tougourt, sur les reliefs du plateau qu'il a décharnés profondément et recouverts d'alluvions de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur ; que les assises qui soutiennent ces alluvions ne peuvent avoir d'influence sur l'écoulement souterrain régulier et permanent des eaux qui descendent du Tadmeyt-Tougourt, Bardad, N'Goussa, Ouargla, représentant ainsi une vaste gouttière, dont l'Oued-R'hir n'est que le prolongement. Le tout forme, au point de vue hydrologique, un ensemble indivisible.



III

Études des eaux profondes et des eaux superficielles de l'Erg.

(Colonne de Témassinine).

A la suite de la colonne d'Ouargla, nous avons conclu, des observations que nous avons pu faire, que la vaste gouttière : Tougourt, Bardad, Ouargla formait avec l'Oued-R'hir, souterrainement, un ensemble indivisible et que les eaux superficielles ou des nappes peu profondes, soumises à des fluctuations diverses, s'écoulaient également ; mais plus lentement, vers le Chott Melrir.

La colonne de Temassinine nous apporte de nouveaux documents sur cette question. Nous les puisons dans le rapport d'ensemble que nous avons établi au retour du commandant Pujat.

I

Eaux profondes et Eaux superficielles de l'Erg. Colonne de Temassinine.

I

Un progrès considérable a été réalisé depuis moins d'une année dans l'occupation progressive du Sahara.

A la suite de la mission Foureau-Lamy, M. le capitaine Pein (des affaires indigènes à Ouargla) a parcouru les régions désertiques jusqu'à l'entrée de l'Aïr, visitant Bir-Gharâma, où fut massacré la seconde mission Flatters; puis, le commandant supérieur de Tougourt, M. le chef de bataillon Pujat, à la tête d'une colonne armée (exclusivement composée d'indigènes — Chambâas — commandés par quatre officiers français), a pris, sans coup férir, possession de la région comprise entre notre dernier poste dans la vallée de l'Igarghar (Bel Haïrane ou Fort-Lallemand) et la légendaire Temassinine, où reposent les restes du Nebi (Prophète) Sidi-Moussa, dans une kouba connue et vénérée de tous les pillards du grand désert, et que garde depuis trente ans Hadj M'Ebarek, le kartani, c'est-à-dire fils d'un nègre et d'une femme blanche.

Dans les cent trente jours que le commandant Pujat a

passés dans le Sahara, il a non seulement fait acte d'annexion, mais assuré notre occupation permanente et définitive en forant les puits de Hassi-Mokhansa, de Hassi-de-la-Roque, de Hassi-Tartrat, en déterminant les points où la sonde artésienne, dans une campagne prochaine, devra intervenir pour assurer une ligne d'eau continue et inépuisable sur une longueur de 400 kilomètres environ.

Nos connaissances hydrologiques sur le Sahara se sont, grâce à l'œuvre du commandant Pujat, considérablement augmentées.

M. le Général commandant la division de Constantine, ayant ordonné que des échantillons d'eau seraient prélevés entre Fort-Lallemand et Temassinine, rapportés et analysés au laboratoire de chimie de l'hôpital militaire de Constantine, nous venons présenter les résultats de ce travail, et, comme conséquence, développer les remarques qui se rattachent aux doctrines que nous avons exposées jadis sur l'origine des eaux profondes du Sahara français oriental (1).

L'analyse minérale des échantillons d'eau, prescrite par M. le Général commandant la division de Constantine, le 3 juin 1899, a donné les résultats suivants :

(1) *Les eaux artésiennes du Sahara Constantinois*. Philippeville, 1889.

TABLEAU II. — Classes d'Eaux de l'Erg.

ÉLÉMENTS DOSÉS	DÉNOMINATION DES STATIONS.						
	TEMASSININE	HASSI DE LA ROQUE	EL BIODH	TANEZROUFT	MALAH MATALLAH	MALAH EL GUEFOUL	OUARGLA 2 ^e nappe
Chlore.....	121	444	1.509	1.775	3.521	3.350	555
Acide azotique.....		029	020				015
Acide carbonique total....	022	078	140	052	118	152	078
Acide sulfurique.....	300	668	1.200	2.990	1.220	2.070	673
Potasse et soude.....	079	380	1.616	587	734	1.748	427
Chaux.....	083	250	809	187	1.383	810	354
Magnésie.....	108	238	310	1.224	590	1.490	180
Silice, alumine.....	080	015	100	276	360	110	008
Résidu anhydre.....	800	2.710	6.070	9.150	9.080	11.620	2.145

Dans le tableau précédent, nous ne donnons comme analyse d'eau profonde que celle de Hassi-de-la-Roque. L'eau de Bel-Haïrane, de Hassi-Mokhansa, de Hassi-Tartrat offre la même composition sensiblement. Toutes ces eaux sont considérées dans le Sahara comme très potables et agréables à boire.

Ce sont des eaux d'artères de *translation* profondes, aboutissant au bas Sahara, et toutes caractérisées par ceci : leur résidu ne dépasse guère 2 grammes, et leur débit est à peu près invariable.

Nous avons rappelé également dans notre tableau la composition de la deuxième nappe d'Ouargla, pour bien faire ressortir l'analogie qui existe entre l'eau de cette nappe et celle des nouveaux puits profonds, creusés dans le Gassi-Touil.

Les autres eaux proviennent de nappes superficielles; elles sont analogues aux eaux des puits situés entre Tougourt, Ouargla, Bel-Haïrane, en dehors des lits proprements dits de l'Igarghar et de l'Oued Mya.

Les eaux de cette catégorie sont bien plus chargées que les précédentes et n'ont rien de commun avec elles comme origine.

Telles sont les eaux recueillies dans les régions d'El-Biodh, Tanezrouft, Malah-Matallah, Malah-el-Guefoul (1).

(1) El-Biodh est un bas-fond de chott très humide. En creusant le sol, on trouve l'eau à moins d'un mètre. Les autres stations sont également situées dans les parties les plus déclives du grand Gassi, là où autrefois des oueds tributaires de l'Igarghar amenaient dans ce fleuve les eaux pluviales de l'est du bassin. De cela, il est resté des suintements superficiels, qui, mélangés aux infiltrations locales, alimentent des nappes peu profondes, mais très minéralisées, pouvant, grâce à leur altitude (350 m.), devenir artésiennes.

Faisons encore remarquer que :

1° Les chlorures (chlorures alcalins et magnésiens) l'emportent sur tous les autres sels dans les eaux de El-Biodh, Malah-Matallah et El-Guefoul, tandis que les sulfates (alcalino-terreux) dominent dans les eaux de Temassinine, Hassi-de-la-Roque, Tanezrouft, etc.;

2° Toutes ces eaux sont fortement magnésiennes, et, si les sels de chaux l'emportent généralement sur ceux de magnésie dans les eaux de Hassi-de-la-Roque et de Malah-Matallah, ceux de magnésie dominent dans les autres régions.

3° De tous les sels de chaux, le sulfate est le plus répandu dans tous les échantillons;

4° Les sels de magnésie existent dans toutes les eaux à l'état de chlorure, sulfate, carbonate;

5° L'eau de Temassinine est d'excellente qualité. Par sa faible minéralisation, elle forme une classe à part, n'ayant aucune parenté avec les eaux du Sahara étudiées jusqu'ici (1).

II

Depuis l'occupation de Bel-Haïrane (1894), aucune tentative de pénétration (*manu militari*) n'avait eu lieu directement au sud. Le grand massif des dunes (l'Erg oriental), qu'il fallait aborder et traverser pendant plusieurs centaines de kilomètres pour arriver au tombeau de Sidi Moussa, près des eaux vives et des frais ombrages de Si-M'Ebarek, ce

(1) L'eau de Temassinine est une eau artésienne, jaillissant naturellement en plusieurs sources.

grand massif aride et tourmenté, dis-je, semblait une citadelle imprenable.

C'était le Pays de la peur, le Pays de la Soif!

Quelques missionnaires, quelques explorateurs seulement depuis Duveyrier, quelques chasseurs d'antilopes, Cham-bâas nomades ou Soufis aventureux, s'engageaient avec de maigres provisions à travers les sables et dans les gessis (défilés) où parfois on marche huit jours sans trouver d'eau.

Quant aux caravanes, il y a longtemps (depuis qu'on a aboli la traite des noirs sur le marché d'Ouargla) qu'elles ont oublié les routes de l'Igarghar et de l'Oued Mya.

Pourtant, dès marchands et des pèlerins se rendant à la Mecque vont encore à Rhadamès, venant du Touat et d'In-Salah, en traversant l'Erg de l'ouest à l'est, au risque d'être dépouillés par les Touaregs.

Pendant plusieurs années, le Commandement parut opposé à l'envoi d'une colonne armée à travers cet étrange pays. Ses craintes, sa réserve prudente étaient justifiées sans doute par l'avis de quelques géologues spécialistes du sud, qui déclaraient que la région des sources profondes du Sahara ne dépassait pas les frontières de l'Erg.

Chaque fois qu'il est question du régime des eaux dans le Sahara, les noms des ingénieurs Dubocq, Ville, Rolland, les Maîtres qui ont avec le plus d'autorité étudié cette question, doivent nécessairement être invoqués. Ville, ingénieur en chef des Mines à Alger, l'auteur des cuvettes artésiennes indépendantes du bassin de l'Oued Mya, ne paraît pas avoir cru à l'existence des eaux profondes au sud d'Ouargla.

Cela découle de sa théorie de l'origine septentrionale des

artères de l'Oued R'hir, qu'il faisait descendre des Aurès et de l'Atlas.

Tout en recommandant l'installation d'un poste à Temassinine, M. le Général Philebert et M. Rolland (ce dernier surtout) ne sont pas rassurants sur la présence de l'eau permanente entre ce point et nos derniers postes actuels.

Tout au moins, certaines affirmations de M. Rolland ne sont pas présentées sans réticences.

Cet auteur (*Hydrologie du Sahara*, pages 221, 229, 231) ne pense pas que les eaux jaillissantes existent dans l'Erg, pas plus que dans l'Oued Mya. Il croit néanmoins que l'eau provenant d'infiltrations locales peut être parfois mise à jour.

Pour M. Rolland, l'eau possible dans le sous-sol de l'Erg n'est pas une eau jaillissante. C'est une eau de nappes d'infiltrations locales, par conséquent variables (1).

Ce n'est pas par conséquent une eau de *translation* comme dans l'Oued R'hir, car l'eau de translation ascendante ou jaillissante a seule un régime régulier, continu, dont les légères variations sont difficilement perçues dans une longue suite d'années. Or, comme il arrive que, toute une année,

(1) Dans le Bas-Sahara central, la nappe habituelle est alimentée par des eaux de *diffusion* et d'*infiltrations* locales. M. Rolland assure que le Nord, qui sécrète les eaux artésiennes profondes, est encore l'origine de ces eaux de diffusion. L'eau est rencontrée à une très faible profondeur : quelques mètres au-dessous du sol. La nappe sur laquelle vit le Souf est simplement la nappe ascendante supérieure, dont M. Rolland a signalé l'existence d'une manière générale à la surface de tout le Bas-Sahara. Cette nappe est alimentée par de l'eau de simple infiltration et est très rapprochée de la surface du sol. L'eau de cette nappe du Bas-Sahara est très variable dans sa composition minérale suivant les points où elle est captée. En des points très rapprochés, elle présente parfois des différences énormes (de 5 à 12 grammes de résidu par litre, en chiffres ronds). La richesse des réservoirs aquifères varie suivant les saisons et les années. Tels sont les caractères essentiels de l'eau superficielle du Bas-Sahara.

parfois même deux années s'écoulent sans que la pluie mouille le sol de l'Erg (1), de même que parfois aussi il peut tomber annuellement de 50^{mm} à 200^{mm} d'eau sur ce même sol, on est amené à conclure que, tantôt les réservoirs aquifères seront vides ou vite épuisés, tantôt l'eau précieuse y sera relativement abondante. N'a-t-on pas vu d'ailleurs, pendant la dernière colonne du Sahara (colonne d'Ouargla), certains groupes de puits peu profonds (de 10 à 15 mètres) et situés en dehors du lit mineur de l'Oued Mya, comme à Hassi-Messaoud (2), épuisés en quelques minutes sans que le renouvellement de l'eau ait paru se faire rapidement, tandis que le débit de la nappe profonde d'Ouargla ne variait pas, malgré l'extraction continue (3).

Nous pensons donc que, étant admise cette différence entre l'état hydrologique de l'Erg et celui de la grande dépression : Ouargla, Tougourt, M'Raiet, si riche en eau de translation, on a en partie l'explication du retard apporté à l'occupation de l'Erg, ou plutôt à son organisation comme ligne d'étapes.

Si la conception avait été tout autre, si l'on avait admis que, suivant les lignes Tougourt, El-Hadjira, Ouargla, Bel-Haïrane et Tougourt, El-Gong, Hassi-Ben Kéloua, des drainages souterrains amenaient dans l'Oued R'hir les eaux du Ahoggar et du Tinghert, passant sous les dunes ou

(1) S'il pleut rarement en plein Erg, il n'en est pas de même sur la bordure méridionale, vers le plateau du Tinghert.

(2) Les puits sont néanmoins assez nombreux pour subvenir aux besoins d'une colonne passagère de 800 hommes et de 100 chameaux.

(3) Dans tous les puits du Bas-Sahara aboutissant aux nappes superficielles, après l'extraction, l'eau met toujours un temps plus ou moins long pour reprendre son niveau primitif. Ce niveau ne varie pas, quelle que soit l'extraction, lorsqu'on atteint les artères de translation.

dans les gassis, si, en un mot, on avait cru que l'Oued R'hir n'était, hydrologiquement, que le prolongement de l'Igarghar et de l'Oued Mya dans toute l'acception du terme, on aurait sans doute apporté moins de circonspection dans la marche en avant vers le sud. Mais on craignait des insuccès, ou plutôt on ne croyait qu'à une réussite insuffisante des sondages, surtout à partir d'Aïn-Taïba; ce point n'est qu'à 120 kilomètres de Bel-Haïrane, et nous avons dit que Temassinine en est distant de 400 kilomètres environ. Or, l'occupation du Sahara ne peut être économique et durable, si elle n'est assise sur des stations d'eau permanente suffisamment rapprochées les unes des autres.

III

Conformément aux instructions de M. le Général commandant la division de Constantine, M. le commandant Pujat quitta Fort-Lallemand le 21 janvier 1899 et s'engagea dans le Gassi-Touil avec la colonne et l'atelier de sondage.

Les forces se composaient de 3 lieutenants, 13 hommes du 5^e bataillon d'Afrique (atelier de sondage), 120 cavaliers ou auxiliaires indigènes, 82 méharas et 60 chameaux porteurs.

A Mokhansa-Guedima, à 31 kilomètres de Fort-Lallemand, un premier sondage fut pratiqué. Le 29 janvier, une nappe légèrement ascendante, intarissable, était atteinte à 10 m. 20 de profondeur.

Le 1^{er} février, un deuxième camp, dans le Gassi-Touil, était installé à 30 kilomètres au sud de Mokhansa.

Le 21 février, une artère, aussi abondante que la première, était mise à jour à 43 mètres de profondeur. Le puits fut appelé Hassi-Général-de-la-Roque, en souvenir du général qui s'était tant intéressé à l'occupation de l'extrême Sud.

Le 25 février, la colonne se remettait en marche vers le sud, installant son troisième camp le 27, et les fouilles commençaient le 28 dans le Gassi, à 70 kilomètres environ de Hassi-de-la-Roque.

Le 30 mars, un nouveau succès couronnait les prodigieux efforts des travailleurs. Une nappe aquifère intarissable était atteinte à 73 mètres de profondeur. Le nouveau puits fut appelé : Hassi-Général-Tartrat.

Un dellou en peau de chameau, contenant 58 litres, manœuvré à l'aide d'un treuil servi par six hommes et faisant quinze voyages à l'heure, n'a pu tarir le puits pendant toute la nuit du 1^{er} au 2 avril » (*Journal de route de la colonne de Temassinine*).

Le 7 avril, dans la région de Gourde-Mrahi, à 52 kilomètres de Hassi-Tartrat, un quatrième sondage fut entrepris ; malheureusement, des événements imprévus, les fatigues éprouvées par la colonne, des éboulements difficiles à réparer, survenus à Hassi-Tartrat, l'arrivée de la saison chaude forcèrent l'atelier de sondage à interrompre ses travaux le 26 avril.

Le puits d'El-Mrahi, qui, nous l'espérons, sera terminé l'hiver prochain, avait, à ce moment, 46 mètres de profondeur ; mais la nappe aquifère n'était pas atteinte. Pendant cette dernière période, le commandant, avec une partie de la colonne, opérait une marche rapide vers le sud, reconnais-

...sait les points, où, plus tard, des sondages pourront être exécutés avec succès dans les régions de Malah-el-Guéfoul, Malah-Matallah, d'El-Biodh, de Gourde-Retem, de Tanezrouft, visitait les sources jaillissantes de Temassinine, et déterminait l'emplacement de la redoute qui pourra être construite dans cette région.

Le 25 avril, il était de retour à Ghourd-Mrahi, le 26 à Hassi-Tartrat, le 30 à Hassi-de-la-Roque, le 6 mai à Fort-Lallemand et le 20 mai à Tougourt, qu'il avait quitté le 11 janvier.

Suivant toutes prévisions, on ne devait trouver dans l'Erg que la nappe habituelle du Bas-Sahara (Rolland).

Rappelons que, dans le Bas-Sahara, il y a plusieurs nappes à des niveaux très différents. Les plus superficielles proviennent d'infiltrations locales ou de suintements de peu de portée. Telles sont les eaux que nous avons rencontrées en 1898 dans les puits, assez vite épuisés d'ailleurs, de Hassi-Messaoud, El-Fétir, Hassi-Dahane, etc.

Plus bas et le long de la vallée de l'Oued Mya, entre 35 et 45 mètres, se trouvent des artères recelant une eau plus abondante et plus pure, comme à El-Hadjira, N'Goussa, etc. Cette eau jaillissante ou ascendante ne renferme guère plus de 2 à 3 grammes de sels anhydres par litre, tandis que les autres en renferment plus de 5 grammes.

Il ne nous est pas permis d'affirmer qu'il n'existe pas d'autres nappes plus souterraines ; et, pourtant, on semble le croire. Quoi ! Parce que nos moyens d'investigation ne nous ont conduits jusqu'à présent qu'à 80 ou 100 mètres au plus sous la surface du sol, nous oserions prétendre que

nous avons trouvé toutes les artères aquifères du bassin de l'Igarghar, qui est aussi grand que la France et dont les alluvions ont parfois plusieurs centaines de mètres de profondeur ! Nous n'avons pas encore pu déterminer la profondeur de ces alluvions (1).

Si toutes les richesses artésiennes du Bas-Sahara ne nous ont pas encore été révélées, elles n'en existent pas moins. Le trépan découvrira un jour des nappes d'autant plus pures et d'autant plus jaillissantes qu'elles seront plus profondes. Certains géologues, n'admettant pas dans l'Erg d'artères de longues translations (ascendantes ou jaillissantes), ce que M. Rolland appelle : nappe habituelle du Bas-Sahara, ne peut s'appliquer qu'à des réservoirs d'infiltrations locales de faible portée ou à des eaux de diffusion en état d'équilibre.

Or, les puits de Hassi-Mokhansa, de Hassi-de-la-Roque, de Hassi-Tartrat donnent des eaux trop pures et trop abondantes pour provenir d'infiltrations locales. Elles ont une constitution à peu près identique et ne présentent pas les variations des nappes superficielles du Bas Oued Mya (Hassi-Messaoud, El-Fétir, etc.) ou du Haut-Igarghar (El-Biodh, Tanezrouft, etc.).

Nous avons dit que ces eaux avaient une constitution analogue à celle de l'eau de la nappe profonde d'Ouargla. De plus, les puits sont inépuisables. Ces caractères ne sont pas ceux des nappes habituelles, superficielles, du Bas-Sahara, très chargées comme minéralisation, variables

(1) Les alluvions de l'Oued Biskra, de l'Oued Djedi, dans la partie basse de leur cours ont plus de 200 mètres d'épaisseur. Ces oueds sont moins importants que l'Igarghar entre Bel-Haïrane et Temassinine.

suivant les années, et où l'eau se renouvelle parfois difficilement.

Les eaux des trois nouveaux puits du Gassi-Touil ne sont pas jaillissantes, il est vrai ; mais elles sont légèrement ascendantes. Ce sont bien des eaux de longue *translation*, venant des parties supérieures du bassin et descendant vers le chott Melrir. Ces artères profondes n'excluent pas, comme dans le Bas-Sahara, certaines nappes d'infiltrations locales ou de suintements peu développés, dont l'approvisionnement doit être moins régulier et le taux minéral plus élevé (1).

Elles n'excluent pas non plus les artères jaillissantes sous-jacentes, comme dans la région de Tougourt ; ici, pas plus que là, on n'a trouvé la limite des alluvions.

(1) A mesure qu'on se rapprochera de la bordure méridionale de l'Erg, les nappes de cette catégorie modifieront certains caractères qu'elles ont dans le Bas-Sahara. Tout en restant plus minéralisées que les artères profondes, elles seront moins instables qu'entre Ouargla et Tougourt, et susceptibles de devenir artésiennes.

COUPE DU Puits DE HASSI-DE-LA-ROQUE

	Epaisseur.
1° Sable siliceux agglutiné en rognons et passant au grès gris.....	1 ^m 60
2° Sable siliceux, coloré en rouge, agrégé.....	1.10
3° » » » » moins dur.....	1.40
4° » agglutiné, rouge foncé.....	1.05
5° » graveleux, sans cohésion.....	2.50
6° » micacé, agglutiné dans de l'argile (humidité).....	5.30
7° » sans argile, avec paillettes de mica.....	1.80
8° Même sable avec calcaire.....	0.30
9° Sable jaune, agglutiné davantage dans un ciment calcaire.....	1.20
10° Sable gris assez dur, avec ciment calcaire....	5.10
11° Sable siliceux rouge, aggloméré.....	0.40
12° Sable siliceux gris, aggloméré par un ciment calcaire.....	0.45
13° Sable aggloméré, rouge.....	1.20
14° Sable gris, pulvérulent, dans une gangue calcaire.....	0.45
15° Calcaire jaune prédominant, empâtant un peu de sable.....	2 »
16° Argile et poudingues jaunes.....	3 »
17° Sable quartzeux jaune aggloméré.....	2.50
18° Poudingues mélangées à du calcaire.....	5 »
19° Sable quartzeux jaune cohérent (Eau au-dessous).....	4.80

COUPE DU Puits DE HASSI-TARTRAT.

	Epaisseur
1° Silice agglomérée en grès de différentes nuances.....	17 ^m »
2° Sable fluide quartzeux jaune.....	2 »
3° Sable gréseux aggloméré, de teintes variées...	5.20
4° Sable siliceux fluide.....	19.30
5° Argile.....	5 »
6° Sable quartzeux mélangé d'argile.....	2 »
7° Sable quartzeux cohérent.....	4 »
8° Argile	2 »
9° Sable siliceux durci.....	4 »
10° Banc de grès dur (Eau au-dessous).....	3 »

Tous ces éléments appartiennent aux alluvions quaternaires, dont nous ne connaissons pas l'épaisseur. Nous avons dit que leur importance, de même que la succession des grands bancs argileux, séparés par des couches quartzueuses aquifères, nous faisaient admettre jusqu'à une profondeur qui n'a pas encore pu être déterminée, mais qui est certainement très considérable, la pluralité des nappes.

Nous résumons dans le tableau ci-contre les analyses dont il est parlé au cours de cette étude, en soulignant⁽¹⁾ dans chaque groupe les éléments particuliers qui par leur prédominance ont déterminé les groupements que nous avons adoptés.

(1) Ce résultat a été obtenu typographiquement par l'emploi de chiffres *gras*, plus gros.

Classification des Eaux du Sahara français oriental (Bassin du Chott Melrir).

DÉNOMINATIONS DES STATIONS.	Chlore	Acide azotique.	Acide carboniq. total.	Acide sulfuriq.	Potasse Soude	Chaux	Magnésie	Silice Alumine Oxyde de fer	Résidu anhydre.	CLASSIFICATION.
Affluents N. du Chott Melrir. { Oued Biskra. { Oued El-Arab. { Sources de Chetma.	739 735 932	Traces.	185 430 108	449 814 476	680 620 814	223 043 160	114 405 440	072 038 038	2.262 3.419 2.170	Eaux alcalines chloro-sodiques.
Eau des Zibans. { Puits d'El-Amri.	138		106	878	457	487	132	012	1.917	Eau sulfatée chlorurée calcaïque faible.
Affluents O. du Chott Melrir. { Oued Djedi.	1.314		044	1.445	1.080	896	101	020	4.649	Eau sulfatée chlorurée calcaïque forte.
Eaux du M'Zab. { Puits de Gardhaia. { — Beni-Isguen.	990 118	041 008	066 064	217 1.988	081 110	063 248	083 829	069 074	635 3.415	Eaux sulfatées magnésiennes.
Eau du Souf. { Puits d'El-Oued.	376		288	549	569	360	324	138	2.770	Eau carbonatée magnésienne calcaïque.

IV

Origine des eaux profondes de l'Oued-R'hir.

Les azotates dans les eaux du Sahara.

Le Sahara dans le passé.

Importance de la vallée de l'Igarghar.

I

Origine des eaux profondes de l'Oued R'hir.

La connaissance du régime des eaux profondes du Sahara, jaillissantes ou ascendantes, permet de déterminer l'origine des eaux artésiennes de l'Oued R'hir. Et, d'abord, nous ne croyons pas qu'elles puissent venir des Aurès. Il nous paraît même que, si ceux-ci sont tributaires des cuvettes de l'Oued R'hir, ils ne peuvent, en tous cas, l'être que pour une bien faible part.

En premier lieu, les quantités de potasse et de soude combinées aux radicaux So^2 , Co^2 , Cl , n'ont aucune relation dans les deux groupes d'eaux. Il est vrai que, dans l'eau de Mraier, nous avons trouvé 1 g. 443 d'alcalis fixes, tandis que, dans l'eau de Biskra, nous n'en avons rencontré que 0 g. 680 ; mais l'eau de Mraier est l'une des plus chargées

en sels alcalins de l'Oued R'hir et l'eau de Biskra, une des plus pauvres des Aurès. Dans les eaux de l'Oued Abiod, nous avons trouvé 2,018, dans celle de l'Oued Guecthane, 1,983 de $\text{NaO} + \text{Ko}$, tandis que les puits de Si-Sliman n'en présentent que 0 gr.565, celui d'Aïn Buisson, 0 gr.354, celui de Talaem Moudi, moins encore.

D'après Ville, ce dernier puits ne renfermerait que 0,084 de sulfate de soude : ce qui est hors de proportion avec les quantités trouvées dans les eaux les moins chargées des Aurès. Le même auteur, dans ses groupements hypothétiques, ne présente pas de sulfate de potasse, ni de sulfate de soude, dans les eaux de Sidi-Khélil, de Si-Amram, de Bram, de Ramra, etc., dans l'Oued R'hir, alors que toutes les eaux des Aurès sont abondamment chargées de sulfate de soude.

Il résulte d'une statistique approximative que les trois quarts des puits de l'Oued R'hir présenteraient, sous ce rapport, le même état d'infériorité vis-à-vis des eaux des Aurès.

Cette pauvreté en sulfates alcalins les rapprocherait des eaux superficielles des Zibans (nappe d'El-Amri, Foughala, Tolga, etc.), qui ne donnent guère plus de 160 milligrammes de $\text{Ko} + \text{NaO}$ par litre. Mais, d'autre part, les eaux des Zibans sont bien plus riches en carbonates divers : leur résidu est de 2 à 3 fois plus faible que celui des eaux artésiennes ; enfin, les sondages opérés pour retrouver les conduits souterrains n'ont pas abouti.

Les eaux des Aurès renferment de 150 à 360 milligrammes de carbonates totaux par litre d'eau. Quelques artères de l'Oued R'hir ont bien donné 230 milligrammes (Sidi-Khelil); d'autres en ont présenté 150 (Tamerna, Djedida);

mais, dans la grande majorité des puits, on n'a pas trouvé plus de 0 gr. 090 à 0 gr. 100 de (MgCo^3 , NaCo^3 , KCo^3 , CaCo^3) (1).

Théoriquement, le minimum des carbonates totaux dans ces eaux devrait être 150 milligrammes, si elles viennent du nord. Elles perdraient donc en route des quantités variant de la moitié aux $\frac{3}{4}$ des sels dissous. On a allégué que, pendant l'infiltration, les eaux des Aurès pourraient perdre une partie de leur acide carbonique; que, par suite, une certaine quantité de carbonates terreux, dissous à la faveur de cet excès d'acide, se précipitaient. C'est peu probable, ou du moins s'il y a précipitation de carbonates, ce phénomène doit se produire dans des limites très étroites, car les eaux artésiennes sont à l'émergence suffisamment chargées d'acide carbonique libre pour qu'il ne paraisse pas qu'un tel changement se soit produit. La température, dans les parties les plus profondes des cuvettes connues, ne dépassant pas 30° , nous ne pensons pas qu'on puisse imputer à une élévation de température de 5 à 10 degrés l'appauvrissement des eaux en carbonates terreux.

D'autre part, si nous consultons les groupements hypothétiques présentés par les auteurs précités (Ville, Rolland), nous voyons qu'une foule de puits artésiens laissent échapper de l'eau où les carbonates dissous sont uniquement des carbonates terreux (Ourlana, Djama, Si-Amram, Sidi-Rached, etc.). Or, toutes les eaux des Aurès renferment en quantités appréciables des carbonates alcalins, et, si, par

(1) Eau de Tamerna Keddina : Carbonates totaux, 0 gr. 056 par litre.

Eau de Sidi-Rached : Carbonates totaux, 0 gr. 036 par litre.

Eau de Bram : Carbonates totaux, 0 gr. 052 par litre (Ville).

l'effet d'une longue translation souterraine, d'une élévation de température suffisante, certains carbonates devaient disparaître, tout au moins, les carbonates alcalins ne seraient pas atteints.

Ce que nous venons de dire concernant les sulfates alcalins et les carbonates s'applique également aux chlorures.

Les proportions de chlorures alcalins contenus dans les eaux profondes de l'Oued R'hir sont très variables. Cette inégalité, de même que l'irrégularité dans les combinaisons de l'acide sulfurique et de l'acide carbonique, montre l'exactitude de la loi 3, qui a pour conséquence la pluralité d'origine des artères.

Si quelques artères accusent une quantité considérable de chlorures, cette quantité se trouve dans une foule d'artères profondes, inférieure au minimum trouvé, dans les affluents Nord ou tout au moins la fixation du chlore ne se présente pas dans les mêmes conditions que dans l'eau des Aurès.

Tandis que dans celle-ci le chlore se trouve à peu près exclusivement à l'état de chlorure alcalin, dans l'Oued R'hir, cet élément se trouve engagé à l'état de Kcl, Nacl, Mgcl et même Cacl.

Ceci résulte des groupements établis par le service des Mines et, outre les auteurs précités, nous voyons que Vatonne, Palanque, de Marigny, admettent que :

Dans une foule d'artères, la proportion du chlorure de magnésium varie du tiers au quart environ des chlorures totaux.

C'est ainsi que nous voyons que l'eau de Sidi-Khétil renferme :

Chlorures totaux.....	1 gr 713
Chlorure de magnésium.....	o 301

Celle de Djama :

Chlorures totaux.....	1 470
Chlorure de magnésium.....	o 370

De Tamerna, Djedida :

Chlorures totaux.....	1 040
Chlorure de magnésium.....	o 375

Celle de Sidi-Sliman :

Chlorures totaux.....	1 389
Chlorure de magnésium.....	o 312

Celle de Bram :

Chlorure totaux.....	2 721
Chlorure de magnésium.....	o 358

Il en résulte que, pour bien des artères, la quantité de chlorure de sodium est très inférieure à la quantité que les oueds du Nord renferment généralement. On sait que ces oueds ne contiennent que des traces de chlorure de magnésium, tout comme l'eau des Zibans qu'on essaie de rattacher à celle des artères profondes de l'Oued R'hir.

Ainsi l'eau de l'Oued Biskra, une des moins chargées en chlorure de sodium, en renferme environ 1 gr. 880 par litre.

Cette quantité est supérieure à celle que renferment les puits de :

Ourlana.....	=	1 gr 700	environ par litre.	
Djama	=	1	100	»
Si-Amram.....	=	1	730	»
Tamerna, Djedida....	=	0	665	»

Il peut même arriver que la somme des chlorures contenus dans les eaux profondes de l'Oued R'hir soit inférieure à la moyenne du chlorure de sodium dans les eaux des Aurès.

Ainsi, à Mraier, nous avons trouvé

Chlore des chlorures totaux..... 0 gr 532

tandis que la moyenne dans les affluents de l'Aurès est de 1 gr. 50 environ et que le chlore n'y descend pas au-dessous de 0 gr. 700 par litre d'eau.

A côté de ces faits, constatons que les eaux de Sidi-Rached, Bram, Rhamra, etc., si différentes en d'autres points des eaux des Aurès, renferment de 2 à 5 grammes de chlorure de sodium et de 0 g. 200 à 0 g. 400 de chlorure de magnésium.

A l'inverse des eaux d'Ourlana, Djama, etc., c'est par leur excès en chlorure qu'elles diffèrent des eaux du Nord. Elles se rapprochent des eaux des nappes superficielles du cours supérieur de l'Igarghar telles que El-Guefoul, Tanezrouft, etc.

Les eaux issues des Aurès renferment toutes des éléments ferrugineux. Nous ne les avons pas retrouvés dans une foule de cuvettes artésiennes. Les eaux du N.-O. con-

tiennent des phosphates; cela ne surprend pas, car elles ont pour origine la région de Tébessa où le phosphate tricalcique est exploité sur une grande surface. Nous n'en avons pas trouvé dans les eaux jaillissantes du Sud. Ces composés de fer et ces phosphates sont dissous à la faveur de l'acide carbonique contenu dans les eaux. Or, nous savons que c'est surtout en carbonates alcalins que les eaux jaillissantes sont pauvres, qu'elles renferment des carbonates terreux et de l'acide carbonique libre dans des proportions suffisantes pour retenir les phosphates et l'oxyde de fer provenant des Aurès.

Les eaux artésiennes sont riches en sulfates terreux, les eaux du Nord en contiennent peu. On peut objecter que, pendant l'infiltration en terrain quaternaire, elles peuvent en dissoudre, mais comme le rivage quaternaire s'étend jusqu'au pied des Aurès, sans se relever sensiblement, ce n'est pas là que les eaux s'infiltrant pourraient acquérir la pression remarquable qu'elles manifestent dans l'Oued R'hir. Si les eaux s'insinuent dans le sol en deçà du Chott, pour devenir jaillissantes au-delà, c'est le long des pentes montagneuses que le fait se produit et, là, elles ne peuvent se charger de sulfates de chaux et de magnésie. Il nous paraît douteux que souterrainement au Sud des montagnes, elles puissent prendre contact avec les bancs de gypse qui recouvrent les marnes imperméables déposées les premières sur les assises pliocènes.

En second lieu, le versant Sud des Aurès ne renferme pas de gîtes de salpêtre et les eaux fluviales de ce versant, comme celles des hauts plateaux, comme celles du versant méditerranéen, ne renferment des azotates qu'accidentelle-

ment et en quantité trop faible pour correspondre aux quantités trouvées dans les eaux artésiennes (1).

Il n'est pas admissible que les eaux des Aurès en s'infiltrant dans le terrain tertiaire pour gagner par des conduits souterrains à de grandes profondeurs, à travers des dépôts récents, à l'abri de l'air et des causes nitrifiantes, les cuvettes du Sahara, puissent se charger d'azotates.

De l'ensemble de toutes ces remarques, nous sommes obligé de conclure que les eaux artésiennes de l'Oued R'hir n'ont qu'une parenté très éloignée avec les eaux des Aurès.

Les eaux des affluents O. sont bien moins riches qu'elles en sels magnésiens et bien plus chargées de carbonates. Sous l'Oued Djedi, on a pu constater l'absence d'artères profondes. Nous ne parlerons pas des eaux de la région de l'Oued Itel, de l'Oued R'tem ; la quantité de pluies qui peut les visiter est tellement insignifiante qu'aucune eau artésienne ne peut en résulter.

Nous nous sommes servi pour notre discussion des groupements hypothétiques établis à différentes époques par le service des Mines, depuis l'époque où Ville a fait ses recherches, jusqu'à celle de la mission Choisy-Rolland, pour contrôler avec leurs propres documents la théorie unanimement admise par les auteurs précités, à savoir que les eaux profondes du Sahara viennent à peu près uniquement du Nord des Chotts.

Nous croyons que les eaux les plus minéralisées de l'Oued R'hir ont pour origine cette aire de nappes superficielles comprise entre El-Biodh et Témassinine, dont l'altitude est

(1) Les puits artésiens d'El-Ksour renferment jusqu'à 0 g. 173 de nitrate de soude par litre d'eau.

suffisante pour constituer des infiltrations souterraines à pression élevée et où les condensations pluviales sont plus larges qu'on ne croyait autrefois ; car, s'il pleut rarement en plein Erg, nous savons qu'il n'en est pas de même sur sa bordure méridionale.

D'autres artères, plus pures, moins minéralisées, de l'Oued R'hir, seraient en relation avec les artères récemment mises à jour entre Bel-Haïrane et Témassinine. Des forages futurs nous apprendront jusqu'où vont ces artères dans le Sud.

L'inspection du tableau que nous présentons montre la parenté qui relie ces classes d'eau.

Enfin, il est vraisemblable que les eaux les plus pures du Tinghert et du Tassili des Azdjer peuvent alimenter des artères plus profondes et que nous n'avons pas atteintes encore, conformément à la loi 3. Cet ensemble constituerait 3 étages principaux dans les artères souterraines du Bas-Sahara.

Dans une communication à la Société des Ingénieurs de France, en mai 1898, M. Rolland s'exprime ainsi :

« L'Aurès, ce n'est pas douteux, doit être notablement
« plus riche en eau de pluie et de neige que le Ahoggar et *a*
« *fortiori* que le Tassili des Azdjer, et comme il est de 5 à 7
« fois plus rapproché de l'Oued R'hir, on effacera difficile-
« ment cette impression qu'il joue un rôle beaucoup plus
« important dans son alimentation ».

A la même époque, il ajoute :

« Je n'ai pas songé à faire valoir contre l'alimentation
« par le Sud que les chances seraient autrement plus néga-

« tives encore dans les sondages dont on entend parler
« parfois comme devant être entrepris au Sud du parallèle
« d'Ouargla. »

M. Rolland précise bien qu'on ne trouvera sans doute que l'eau de la nappe habituelle dont il a défini les caractères dans son *Hydrologie*, en 1891, caractères que nous avions déterminés en 1886 et qu'on a pu lire au cours de cette étude. L'expérience nous a fixés sur ce point. Les sources inépuisables mises à jour ne sont point des nappes analogues à la nappe habituelle du Bas-Sahara. Si l'eau n'est pas jaillissante, elle est ascendante, organisée en véritable cours souterrain. Elle ne peut aboutir qu'à l'Oued R'hir et là rien ne peut l'empêcher d'être jaillissante, puisque les régions où on l'a rencontrée dominent l'Oued R'hir de 200 à 300 mètres. Enfin, rien ne prouve qu'au-dessous de ces artères il n'y en a pas d'autres jaillissantes.

A la première partie de la proposition de M. Rolland, on peut objecter que l'origine des eaux profondes n'est pas en rapports aussi étroits avec le rapprochement des sommets environnants. Cette première impression dont parle M. Rolland est évidemment ressentie par les voyageurs qui traversent les Chotts, et, par cette tendance de l'esprit à introduire, dans certaines relations de cause à effet, des notions de distances. Les Aurès sont là au N. sous la main ; le reste de l'horizon est une ligne ; quoi de plus naturel que de faire de la montagne voisine la source des eaux jaillissantes ?

Pourtant, les eaux courantes qui descendent en quelques heures du versant si rapide des Aurès n'ont-elles pas plutôt

une tendance à rester des eaux superficielles jusqu'aux alluvions qui ne sont point sensiblement plus élevées que le niveau du Chott? Et les eaux qui s'écoulent lentement du S. au N. sur la longue pente douce, régulière, composée de grès, de sables, de marnes, ne doivent-elles pas devenir plus facilement des eaux de translation profonde, ascendantes ou jaillissantes suivant les points de disparition et de perforation?

Si les pentes des contreforts des Aurès se prolongeaient superficiellement un peu loin dans l'Oued R'hir, inclinées vers le Sud, les conditions des eaux artésiennes seraient tout autres. Infiltrées à Zéribet, par exemple, elles pourraient devenir jaillissantes à Ourlana ou à Tougourt; mais Tougourt a une altitude de 80 mètres; c'est un peu plus que l'altitude de Zéribet, et la ligne où les Aurès disparaissent sous les alluvions n'est guère plus élevée nulle part.

Il nous semble donc qu'on ne peut guère tirer de conclusions décisives des distances respectives au Chott Melir des deux sommets Aurès, Ahoggars. Nous avons bien trouvé, dans les éléments extraits d'un des puits du Gassi-Touil, des paillettes de mica arrachées au massif des Ahoggars et entraînées à 500 kilomètres de là. Où le mica a été charrié jadis, l'eau souterraine, de même origine, peut bien circuler également.

Quant à la quantité de pluie qui peut tomber sur le massif des Ahoggars, elle échappe totalement jusqu'ici à notre appréciation, de même que nous ne savons pas quelle est l'importance de ce massif et son altitude, personne n'y étant allé. Les voyageurs qui ont pu circuler sous son horizon assurent que les cimes dépassent 2000 mètres et

sont couvertes de neige une partie de l'année ; mais, de ce côté, on ne peut rien avancer de certain, ni asseoir des conclusions sur l'hydrologie du Haut-Igarghar.

Les raisons qui nous font reconnaître que les eaux artésiennes descendent en majeure partie du Haut-Igarghar, nous portent à admettre que leurs artères peuvent s'étendre en partie sous le Chott Melrir ; Ourir, Mraier, appartiennent au système artésien que nous avons examiné sous cette latitude ; le Chott Melrir s'étend à l'Est de ces oasis. Il peut se faire que, se subdivisant sous le delta qui terminait autrefois l'Igarghar, les artères souterraines se développent sous la surface méridionale du Chott. En tous cas, elles ne s'ouvrent pas dans ce bas-fond, sans cela, les puits échelonnés à une altitude bien plus élevée le long de l'Oued R'hir ne seraient pas jaillissants, ou, du moins, si des fissures assurent à la base des artères une libre expansion du liquide, ces orifices d'échappement restent assez restreints pour que les cuvettes de l'Oued R'hir soient toujours gorgées d'eau sous haute pression.

Dans son rapport hydrologique (1^{re} mission Flatters, Documents publiés par le Ministère des Travaux Publics), M. Roche s'exprime ainsi :

« Mes idées sur les eaux artésiennes de l'Oued R'hir sont
« semblables à celles de E. Rolland.... J'ajouterai seulement
« qu'elles pourraient bien être alimentées (les nappes arté-
« siennes) non seulement aux affleurements dans les massifs
« montagneux du N., mais aussi aux affleurements du Sud,
« près du massif montagneux des Touaregs (Ahoggars) (page
« 177) ». — Et plus loin : « La nappe artésienne d'Ouar-

« gla paraît être la suite de la nappe de l'Oued R'hir....

« Les deux nappes d'Ouargla et de Témassinine ont-elles
« une relation quelconque?... On n'oserait l'affirmer... cela
« paraît pourtant probable, etc. (page 217). »

Enfin, relativement à l'itinéraire de la mission, il pense que la question des eaux doit être considérée comme résolue. On trouvera, conclut-il, à peu près partout une nappe souterraine plus ou moins profonde et en quelques points une nappe artésienne (page 218).

M. Béringer (1^{re} mission Flatters, Documents, page 230) déclare qu'on trouvera de l'eau à peu de frais en remontant le lit de l'Igarghar. Ces dernières affirmations concernent surtout la région de l'Igarghar comprise entre Témassinine, Amguid, Idèles.

On sait que les partisans de l'origine septentrionale des eaux artésiennes supposent que ces eaux proviennent de nappes aquifères renfermées dans les couches crétacées et jaillissent par les fractures de ces couches. Dans les études de Roche, si tragiquement interrompues (2^e mission Flatters), nous lisons ceci :

« Sous les alluvions modernes de l'Oued Mya, est la
« nappe aquifère qui alimente les puits et peut-être plus
« bas, dans la partie la plus profonde et la plus ancienne du
« fleuve, la nappe artésienne connue à Ouargla et dans
« l'Oued R'hir. En supposant ainsi, pour l'Oued Mya et
« l'Oued Igarghar, un ancien lit creusé dans les terrains cré-
« tacés et occupé aujourd'hui par des dépôts argileux quater-
« naires, retenant une nappe artésienne, on expliquerait facile-
« ment la faible largeur de la nappe de l'Oued R'hirsans être

« obligé d'avoir recours à l'hypothèse de fractures du terrain
« crétacé. »

On voit qu'il subsiste toujours un doute dans l'esprit de M. Roche au sujet de l'origine des eaux profondes.

Les documents malheureusement trop rares, que nous possédons sur la constitution des eaux du bassin de l'Igar-ghar au delà des Dunes ne peuvent que nous fortifier dans l'opinion que nous émettons sur l'origine des eaux profondes de l'Oued R'hir.

Les essais hydrométriques rapides et limités qui ont pu être faits au cours de la 2^e mission Flatters, bien que n'ayant pas la précision des analyses du laboratoire, sont pourtant suffisamment édifiants.

Tout en tenant compte des effets produits dans une foule de cas par la concentration des solutions salines, dans certaines nappes-mares, cuvettes en entonnoir, exposées à l'air libre, dans la région dont Hassi-Messeguen est le centre, on reconnaît que la plupart des eaux examinées par M. Roche sont surtout magnésiennes et que, si elles contiennent des chlorures et sulfates terreux, les chlorures alcalins n'y dominent pas comme dans les eaux descendant du Nord.

Voici quelques chiffres donnés par M. Roche :

Bassin de l'Oued Mya.

Eau de Hassi Inifel	Chlore. évalué en NaCl..	ogr 250	} Pour 1 litre.
» Messeguen	» »	... 0 210	
» Insoki	» »	... 0 004	

Bassin de l'Igarghar.

Eau recueillie dans le Tinghert.....	ogr 082
Eau de l'Oued Alouai près Amguid.....	o 170

Cette dernière paraît contenir principalement du chlorure et du sulfate de magnésium.

M. Roche constate que la plupart des eaux du Haut-Igarghar sont chargées surtout de sulfates terreux et de chlorures alcalino-terreux.

Il ne donne de chiffre approximatif que pour l'eau de H. Messeguen, dont le résidu salin serait :

Nacl + Mgcl	1gr 210	} Pour 1 litre.
Mgso ⁴	o 940	
Caso ⁴	1 750	

Si nous rapprochons ce groupement de la composition moyenne des eaux jaillissantes de l'Oued-R'hir (de Ville) en ce qui concerne les principaux sels :

Nacl + Mgcl.....	1gr 128	} 2 544
Mgso ⁴		
Caso ⁴		
Carbonates	o 125	
Azotates.....	o 041	
Silice et matières en suspension	o 031	

nous voyons la parenté qui unit ces eaux si éloignées.

M. Roche n'était pas outillé pour la recherche des azotates dans les eaux ; mais nous retenons encore de sa première mission [ce fait significatif, et qui n'a pas été commenté, qu'un mouchoir, plongé dans l'eau de la mare

d'Aïn-Taïba (qui est une solution saline concentrée) et séché, brûle comme de l'amadou.

Il nous est permis, après cette déclaration, de soupçonner cette eau d'être chargée d'azotates, et de ne pas nous étonner que les eaux de l'Oued R'hir en contiennent aussi.

II

Les Azotates dans les eaux du Sahara.

Indépendamment de quelques sources thermales d'origine artésienne, riches en hydrogène sulfuré libre ou combiné, promptement détruit à l'émergence, sources situées aux confins du terrain tertiaire, et dont le Hamman-Salahim offre le type, il existe, dans plusieurs bordjs du Sahara, quelques puits où l'analyse décèle la présence constante de l'acide sulfhydrique. Il est facile de constater que la formation de ce composé est due à la réduction par les matières organiques (dont la présence est explicable par le voisinage des lieux habités, la mauvaise construction des puits, la négligence et la malveillance des Arabes) des sulfates dont les eaux du Sahara sont fortement chargées.

Les uns ont rattaché à une cause analogue la présence assez constante des azotates dans les eaux profondes du Sud (influence du sol habité).

A l'appui de cette opinion, on cite l'existence de certaines salpêtrières qui, comme celles de la région de Biskra, ont pu être exploitées autrefois.

A Thouda, comme à Filiach, près de Biskra, de petits mamelons, provenant de l'accumulation de débris d'anciens villages arabes, bâtis en pisé, ont fourni les terres salpêtrées, mais l'existence des salpêtrières artificielles,

comme celles de la région de Biskra, est un fait rare, accidentel dans le Sud, et de minime importance, tandis que la présence des azotates en quantités appréciables est fréquente dans les eaux profondes comme celles des cavités artésiennes loin de toute vie animale.

La présence, dans les fonds de vallées humides, des troupeaux serait encore un facteur de même ordre que les anciennes salpêtrières ; mais les déchets de la vie humaine et de la vie animale sont peu de chose, ici, quand on songe à la différence entre la densité de la population Saharienne et celle du versant méditerranéen dont le régime aquifère est si peu chargé d'azotates (Il n'y a pas 50.000 Arabes et 100.000 têtes de bétail dans tout l'Oued R'hir et dans les vallées qui y aboutissent sur 500 kilomètres de long) (1).

D'autres, comme l'ingénieur Ville, ont relié la présence des azotates dans les eaux du Sud aux phénomènes électriques dont l'atmosphère de cette région est le théâtre.

A la suite d'une mission scientifique dont il fut chargé dans le Sahara, Ville publia en 1860 des analyses d'eaux recueillies par lui entre Bône, Ouargla, le M'Zab et Alger. Il signala particulièrement la présence des azotates dans certaines eaux du Sud où parfois le cinquième du résidu était constitué par de l'azotate de soude.

Et voici ce que Ville écrivait à ce sujet :

« La présence de ces nitrates est probablement liée à

(1) L'eau profonde d'Ouargla, dont la vitesse de translation est très faible et qui est souillée par une nappe superficielle sur laquelle vivent 10.000 Oasiens et leurs troupeaux, ne donne par litre que 0 gr. 015 d'acide azotique à l'état d'azotate de soude.

« l'état électrique de l'atmosphère lors des violents orages
« qui occasionnent les crues fécondant les oasis du M'Zab. »

Cette explication par l'état électrique de l'atmosphère ne nous paraît pas admissible pour les eaux profondes du Sahara constantinois, pour deux raisons :

C'est que, d'abord, les orages dans ces régions ne sont ni assez fréquents, ni assez considérables, pour fabriquer avec l'azote de l'air les composés nitriques qu'on trouve dans les eaux ; et puis ces pluies d'orages locales vont surtout alimenter les nappes superficielles et non les cuvettes artésiennes.

Dans le Tell et sur les Aurès, les orages sont au moins aussi fréquents que dans le Sahara, où il ne tombe pas plus de 50 millimètres de pluie d'orage par an, et, pourtant les eaux du Tell et des Aurès ne renferment qu'accidentellement et en petites quantités des azotates.

En second lieu, certaines eaux artésiennes du Sahara donnent à l'analyse pour une eau de même origine, une quantité d'acide azotique combiné à peu près constante, quelle que soit l'époque de la prise d'essai, aussi bien pendant la saison des orages que pendant toute autre saison.

Or, il n'existe aucun gisement de nitrates naturels dans les bassins des affluents du Chott Melrir, au nord, à l'est et à l'ouest, bassins parfaitement connus et explorés.

D'autre part, si on analyse les efflorescences qui, produites par les eaux superficielles, recouvrent à certaines époques de l'année une grande partie du Sahara algérien et des Zibans, on trouve souvent, associé aux chlorures, sulfates et carbonates alcalino-terreux qui composent ces efflo-

rescences du nitrate de soude, mais en très faible quantité.

Pour les eaux coulant à l'air libre, comme l'Oued Djedi, l'Oued M'Zi, et pour les nappes superficielles, il nous paraît certain que les petites quantités de nitrates qu'elles contiennent proviennent de la fixation de l'azote de l'air à la faveur du milieu terreux et spécial du climat, grâce, enfin, à des conditions microbiennes spéciales. Ainsi, il faut pour que le phénomène se produise avec toute son énergie, la réunion de conditions de température, d'hygrométrie, d'altitude, en présence d'éléments déterminés de telle sorte que la réaction s'amoindrit dans les climats tempérés ou dans un sol autre que le gypse ou l'argile, s'annihile dans les climats froids.

Il résulte des travaux de M. Berthelot qu'un des facteurs les plus importants de cette production est la température.

Ce serait une spécialité du terrain gypseux des latitudes chaudes en présence d'eau chargée de carbonates alcalino-terreux, de produire la nitrification avec son maximum d'intensité.

On ne peut guère expliquer autrement ce fait que M. Ville a trouvé jusqu'à 0 gr. 020 d'azotate de soude dans certains oueds.

Quant aux nitrates des cuvettes artésiennes, leur origine doit être différente.

Les cuvettes de l'Oued R'hir sont recouvertes de calcaire imperméable qui empêche le jaillissement et les infiltrations locales nitrées possibles.

Le taux du salpêtre dans quelques artères profondes n'a rien de commun avec la petite quantité que recèlent, en général, les oueds de la région.

D'autre part, nous avons essayé ailleurs d'établir que ces eaux viennent de très loin. Nous croyons que les infiltrations qui alimentent ces réservoirs ont lieu, en grande partie, dans les régions supérieures des bassins de l'Oued Mya et de l'Igarghar, à une altitude élevée, entre le Tinghert et les monts Ahoggars, depuis les grès caractérisés par une faune dévonienne, vers 400 mètres d'altitude, jusqu'à près de 2000 mètres dans les terrains cristallins que traversent des roches éruptives comparables aux basaltes tertiaires.

Sur tout cet espace, le climat n'est plus celui des Zibans ou du Souf. M. Foureau y a observé des températures de -6° au printemps. La flore est celle des Aurès. En 1886, nous supposions que la nitrification devait se faire à la surface de ces régions comme autour du Chott Melrir ; mais, depuis cette époque, nous avons appris qu'elle n'en ont ni la constitution géologique, ni l'altitude.

Partant de sols si différents, il n'est pas étonnant que les eaux artésiennes ne présentent pas partout la même constitution.

Dans ces régions, comprises entre le 25° et le 30° de latitude, il n'y a plus de terrain quaternaire ; les lits des rivières sont plus rapides ; les cours d'eau ont une certaine permanence ; les alluvions ne s'étalent plus sur d'aussi grandes surfaces. La fixation de l'azote de l'air ne peut s'y faire que d'une façon irrégulière, peu sensible, sinon nulle, comme dans les Aurès et sur le versant méditerranéen.

Dès lors, il ne paraît pas téméraire de croire que les azotates des eaux artésiennes proviennent de la lixiviation par

des affusions pluviales, de gisements analogues à ceux du désert d'Atacama.

Nous sommes loin actuellement des conditions dans lesquelles ces gisements ont pu se former, c'est-à-dire, que leur production, comme celle des phosphates, ne se continue plus, la température, l'hygrométrie, la nature du milieu, n'étant plus ce qu'elles étaient quand les salpêtrières naturelles fonctionnaient à la faveur de l'atmosphère chaude, humide, ozonisée et riche en acide carbonique de l'époque tertiaire.

M. l'Ingénieur Souleyre envisage la possibilité de tels gisements vers la Sebka d'Amagdor (*Revue scientifique*, 16 septembre 1896). Il fait remarquer l'analogie de latitude, d'altitude, de climat et de composition géologique qui existe entre le désert d'Atacama et le plateau de l'Eguélé, la région d'Amagdor, le plateau du Ahoggar. La réunion de roches granitiques et porphyriques, de roches volcaniques et de gisements de sel marin qui caractérise le plateau du Chili caractérise également l'Eguélé.

Une preuve nouvelle semble donc s'ajouter aux déductions de M. Souleyre : c'est la présence de nitrates dans certaines eaux profondes de l'Oued R'hir et dans certains réservoirs de l'Erg (Aïn-Taïba).

La connaissance du régime des eaux du Sahara, des lois auxquelles elles obéissent, de leur origine, a plus qu'un intérêt limité et purement scientifique. Elle a pu nous donner des indications précieuses sur le parti à tirer de la vallée de l'Igarghar et sur les conditions d'une expédition future vers les étages élevés du Sahara.

Elle nous conduit à examiner l'hypothèse jadis répandue :
« Le Sahara autrefois océan ».

Nous allons examiner rapidement ces questions.

Il n'entre pas dans notre esprit de discuter l'opportunité de l'occupation du Sahara, tel qu'il nous est attribué par les conventions de 1890, question très complexe et très diversement appréciée ; mais, quelle que soit l'opinion de chacun sur ce sujet, on conviendra qu'une telle étude n'est pas dépourvue d'intérêt.

III

Le Sahara dans le passé.

Importance de la vallée de l'Igarghar.

Le bassin de l'Igarghar, comme celui de l'Oued Mya, est donc passé par cette phase que, pour des causes difficiles à apprécier, le cours du fleuve sur terre a cessé, laissant, comme seuls témoins, le lit et les infiltrations artésiennes.

Nous avons dit que celles-ci ne pouvaient se produire que dans les régions supérieures du bassin à une altitude élevée. On sait qu'à partir de Mraier, sur les bords du Chott Melrir, le bassin se relève suivant une inclinaison de 6 à 8 mètres pour 10 kilomètres.

De Tougourt à Ouargla, on passe d'une altitude de 80 à 120 mètres.

Témassinine est à une altitude de 400 mètres environ.

L'époque, qui a précédé ce changement, nous présente l'Igarghar tel que l'on voit actuellement le Niger, le Whémé, le Nil, son frère aîné : un fleuve coulant à pleins bords dans un lit gigantesque.

La tradition est peu riche en souvenirs de ces temps reculés. Pourtant Ptolémée nous apprend que les peuples qui habitaient ces régions étaient les Mélanogétuliens et les Garamantes ; et Léon, décrivant Tougourt, la cite comme une ville très ancienne, bâtie sur une élévation au pied de laquelle passe une rivière (il ne dit pas souterraine).

Quand le D^r Schaw visita l'Algérie, il y a 150 ans, le souvenir de ce fleuve était déjà bien lointain et les descriptions du voyageur anglais seraient encore d'actualité aujourd'hui :

« Les villages de l'Wead-Reag, dit-il, sont fournis d'eau
« d'une façon singulière. Ils n'ont proprement ni fontaines,
« ni sources ; mais les habitants creusent des puits à 100,
« quelquefois 200 brasses de profondeur et ne manquent
« jamais d'y trouver de l'eau en abondance. Ils lèvent, pour
« cet effet, premièrement, plusieurs couches de sable et de
« gravier, jusqu'à ce qu'ils trouvent une espèce de pierre,
« qui ressemble à l'ardoise, qu'on sait précisément être au-
« dessus de ce qu'ils appellent : la mer sous terre, nom
« qu'ils donnent à l'abîme en général. »

Que devient, dans le cas qui nous occupe, l'hypothèse, autrefois surtout généralement admise, que la mer a recouvert le Sahara ?

Dans l'esprit de beaucoup de personnes, la vaste étendue, désignée sur les cartes sous le nom de Sahara, était jadis ensevelie totalement sous les eaux, et le retrait de ces eaux nous laissa un jour le désert.

Au fond, nous ne discutons pas qu'il ait existé une époque très profondément reculée où le Sahara ait été complètement submergé. Cela a été sans doute le sort des différentes régions du globe, inondées tour à tour lors des premiers bouleversements de la croûte terrestre ; mais nous ne voyons pas, dans la manière d'être actuelle du Sahara, dans sa vague ressemblance avec la mer, le témoignage de cet ancien état.

Le désert ressemble à l'Océan, en ce qu'il est grandiose

comme lui avec ses horizons reculés; mais les fossiles, recueillis par les explorateurs et classés dans la faune maritime de la Méditerranée, n'ont pas été trouvés dans les profondeurs du désert, mais dans les parties les moins élevées, là où la dépression servant d'embouchure aux grands fleuves mettait le Sahara en contact avec la mer.

La découverte des Mélanopsides, *Cardium edule*, etc., que l'on rencontre dans l'Oued R'hir et les bas-fonds d'Ouar-gla indique clairement une chose : c'est que la région des Chotts communiquait avec la mer. C'est, peut-être, la confirmation de l'existence de la mer des Tritons. Mais qu'est-ce que 20,000 kilomètres carrés à côté du Sahara?

Qu'un jour les vagues aient battu les collines de Biskra et recouvert une partie de l'Oued R'hir; cela a pu se faire; mais cette partie du Sahara n'est que le vestibule des grandes solitudes du Sud.

Nous avons dit que, à partir de Mraier, le sol se relevait régulièrement vers le Sud et il n'est pas douteux que la région d'Idèles ne soit aussi élevée au-dessus de la mer que les points les plus élevés des Aurès (Idèles est à 1.000 kilomètres du Chott Melrir).

Il aurait fallu que la configuration de cet immense pays, que son altitude soient totalement différentes de ce qu'elles sont maintenant pour expliquer l'envahissement général du sol par les eaux, et, cela étant admis, la plus grande partie du continent africain Nord devait elle-même être submergée.

Or, le massif des Ahggars est formé de roches éruptives traversant des terrains cristallins et son soulèvement

remonte à une époque qui se confond avec le miocène supérieur.

Et, si la mer était passée là, au commencement de l'époque quaternaire, trouverait-on intacte la trace des grands fleuves ?

Le voyageur étonné contemplerait-il les hautes berges de l'Oued Mya, ces reliefs parfaitement conservés en certains endroits où il semble que l'eau mystérieuse disparue va se précipiter tout à coup ?

La mer aurait nivelé tout cela, comme ont été nivelés les fonds des chotts, et ce ne sont pas les rares crues actuelles, quelle que soit leur importance, qui ont creusé des lits aussi profonds, amené autant d'alluvions, édifié des berges aussi hautes.

Donc, si la mer a occupé le Sahara, cette période a été suivie d'une autre, pleine d'activité végétale. Pendant une longue suite de siècles, le Sahara a été sillonné par de grands oueds.

Ce sont les forêts, ce sont les végétaux qui engendrent les fleuves et dans l'immense profondeur, alors boisée, du bassin de l'Igarghar, il se faisait des condensations d'eau suffisantes pour organiser le cours régulier des grandes rivières.

A cette époque, la mer des Tritons recevait de toutes parts leur abondant tribut et cet apport était de beaucoup supérieur aux quantités d'eau évaporée à sa surface malgré le climat brûlant. Cette mer intérieure s'étendait majestueuse aux pieds des Aurès, formant une longue ellipse dont les diamètres étaient de 300 kilomètres et 100 kilomètres environ.

Des cimes de 2,000 mètres, au Nord, des forêts de pis-

tachiers, de cédratiers, de figuiers, d'éthels, pressées le long de ses rives, lui faisaient un cadre magnifique.

De l'Oued Souf à l'Oued Djedi, de l'Oued Biskra à l'Oued Dokkane, une verte ceinture de palmes réunissait en un seul tout les verdoyants débris que nous appelons aujourd'hui, Guémar, Ourir, Mraier, Sidi Okba, Kanga, etc.

Sous ces ombrages, les hommes de l'âge de pierre taillaient dans le silex des pointes de flèches, des lames de poignards, que nous retrouvons aujourd'hui : Gétules et Garamantes, peuples chasseurs, qui poursuivaient dans les profondeurs des bois les licornes, les bœufs marchant à reculons et autres animaux fabuleux dont Hérodoté nous a transmis la description. Le décor actuel, malgré la tourmente des siècles, qui a changé sol et climat, se prête parfaitement encore aux évocations de l'âge héroïque et l'œil humain ne serait point surpris de voir apparaître quelque déesse ou quelque héros fabuleux sous les frais ombrages d'El-Amri ou El-Hadjira. Pourquoi faut-il que nous n'y rencontrions souvent que de pauvres êtres frappés par la malaria d'une cachexie précoce, ou, conduits par des Antigones en haillons, quelques vieillards desséchés que le souffle mortel du Chihili (Sirocco) a rendus pareils à Oedipe, ou des enfants difformes : têtes énormes sur des cous de squelettes, ventres que le foie et la rate distendent sur des jambes grêles et atrophiées ?

Comment et depuis quand cet immense jardin des Hespérides s'est-il évanoui ? Qui pourrait dire combien de temps a duré la sinistre transformation ? Toute création obéit à l'inexorable loi de destruction. C'est ainsi que, sous l'influence d'un lent changement dans le climat et dans les vents dominants, les sources ont diminué peu à peu, les forêts

ont disparu, et, comme une vaste pelade, un linceul de sable s'est étendu sur presque tout ce qui était vivant.

La main de l'homme (*homo naturae lupus*) a peut-être un peu hâté cette disparition. Il ne reste aujourd'hui, pour attester l'ancienne vitalité, que de mauvais lignites terreux à 20 o/o de carbone, les grands lits desséchés des rivières, les cuvettes artésiennes et les petites oasis, débris des colossales palmeraies d'autrefois, c'est-à-dire un million de palmiers éparpillés dans les sables.

Tout cela ne se réédifiera pas. La destruction a été gigantesque et l'activité de tous les hommes ne réparerait pas le désastre. Mais les efforts tentés pour créer de nouvelles oasis et augmenter la valeur des anciennes qui dépérissaient, il y a 50 ans, et qui disparaîtraient bientôt si l'Européen n'était pas là vigilant, font le plus grand honneur aux hommes qui ont consacré leur vie à cette lourde tâche.

Le tableau que nous venons de tracer des vallées de l'Igarghar et de l'Oued Mya est la traduction des impressions que nous avons ressenties jadis lorsque nous vîmes pour la première fois les oasis et les lits des grands fleuves du Sahara. Pourtant, il ne reste pas dans cette région d'autres traces du passage des hommes que des ateliers de silex taillés. On n'y trouve pas, comme dans la vallée du Nil, de monuments attestant une époque de prospérité et une civilisation avancée. Enfin la date du soulèvement du Seuil de Gabès remet en question l'emplacement de la mer des Tritons et les récits d'Hérodote.

Faut-il en conclure que nous devons renoncer à l'idée que nous nous faisons des fleuves sahariens d'autrefois ? Nous ne savons.

CONCLUSIONS

En 1888, nous écrivions :

« Il reste, à la France, une dernière étape à franchir pour gagner les parties les plus élevées du bassin de l'Igarghar. Cette étape s'étend de Bel-Hairane à Témassinine et le développement de la France dans ces régions est subordonné à la possibilité d'établir des postes fortifiés entre Bel-Hairane, Aïn-Taiba, El-Biodh, Témassinine. Une dizaine de jours sépare les points les plus extrêmes entre lesquels sont comprises les Dunes.

Si des relais, des refuges fortifiés, peuvent être créés dans cette région, c'est à la condition que des forages artésiens, prolongeant dans le sud la ligne de puits de l'Oued R'hir, auront le même succès que ceux-ci.

On comprend, dès lors, combien il est important de connaître l'origine des eaux souterraines de l'Oued R'hir.

Si ces eaux viennent du Nord, exclusivement, l'établissement de puits artésiens utiles au sud d'Ouargla devient aléatoire. Il n'est pas possible alors d'occuper l'Erg ; la route du Soudan nous est fermée par là. Il n'est pas même possible d'y faire la police contre les Touaregs. Les colonnes qui sont obligées d'emporter leur eau de boisson (comme celle d'El-Goléah, en 1873) coûtent trop cher à l'Etat.

Si les eaux viennent du sud, comme nous pensons l'avoir démontré, on est assuré de les rencontrer à des profondeurs

accessibles au trépan, dans un des gassis ou dédales de vallées qui sillonnent l'Erg, et au-delà. Grâce aux derniers explorateurs, à M. Foureau, en particulier, qui a bien déterminé la topographie de ce pays, il sera facile de préciser les points où des saignées pourront être pratiquées utilement, et, en présence de la perfection apportée aujourd'hui aux appareils de sondage, il n'est pas chimérique de penser qu'une expédition bien conduite puisse, en peu de temps, établir sur la route d'Amguid des postes dont l'installation demandait autrefois beaucoup de patience et de travail.

Dans ce cas, notre marche en avant, vers l'Aïr, deviendra facile, le jour où on voudra sérieusement occuper la partie méridionale du bassin de l'Igarghar. »

*
* *

Aujourd'hui, nous savons qu'on peut traverser l'Erg sans y mourir de soif, tout comme on va de Biskra à Ouargla.

Espérons, pour la grandeur de notre empire colonial, que l'œuvre de civilisation, si bien commencée dans l'Oued R'hir, se prolongera bien vite vers le Tinghert et le Tassili des Azdjer, le long de la route du Soudan, qui doit certainement nous appartenir un jour.

Vu, bon à imprimer :
Le Président de la Thèse,
G. BOUCHARDAT.

Vu, le Directeur de l'Ecole :
L. GUIGNARD.

Vu et permis d'imprimer :
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,
GRÉARD.

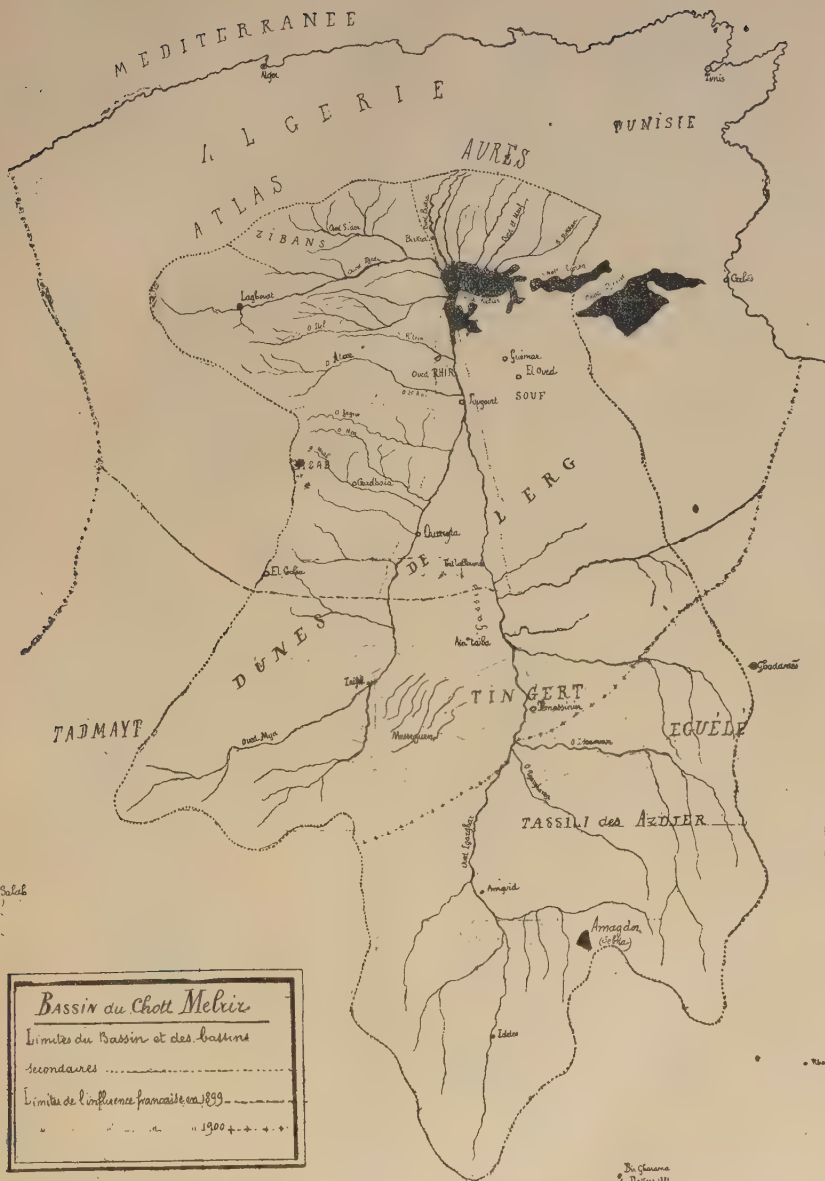
TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
PRÉLIMINAIRES.....	5
I. — Etude des bassins secondaires qui environnent immédiatement le Chott Melrir.....	9
I. — Le Chott Melrir. Classification des eaux.....	9
II. — Eaux des affluents N. du Chott Melrir..	19
III. — Le soufre dans l'eau du Hamman-Salahim	25
IV. — Eaux des Zibans.....	31
V. — Eaux des affluents O. du Chott Melrir..	35
VI. — « « « S.-O. « «	39
VII. — « du Souf.....	42
VIII. — « artésiennes de l'Oued R'hir.....	45
II. — Etude des eaux superficielles et des eaux profondes du Bas-Sahara.....	51
I. — De Tougourt à Ouargla (Notice géologique)	53
II. — Les nappes profondes et les nappes super- ficielles du Bas-Sahara.....	70
Tableau I. Classes d'eaux du Bas-Sahara.	71
Les eaux d'Ouargla.....	78
III. — I. — Eaux profondes et Eaux superficielles de l'Erg.....	86
Tableau II. Classes d'eaux de l'Erg.....	88
Coupe du puits de Hassi-de-la-Roque...	99
Coupe du puits de Hassi-Tartrat.....	100
Tableau III. Classification des eaux du Sahara français oriental (Bassin du Chott Melrir).....	102
IV. — I. — Origine des eaux profondes de l'O. R'hir.	105
II. — Les azotates dans les eaux du Sahara...	121
III. — Le Sahara dans le passé. Importance de la vallée de l'Igarghar.....	128
Planche I a IX.....	137 et s.



Le Bassin du Chott Melur
pendant l'été.

Les traces bleues indiquent les
cuviers qui ont un écoulement
superficiel



Bin Gharana
Patterson 1811

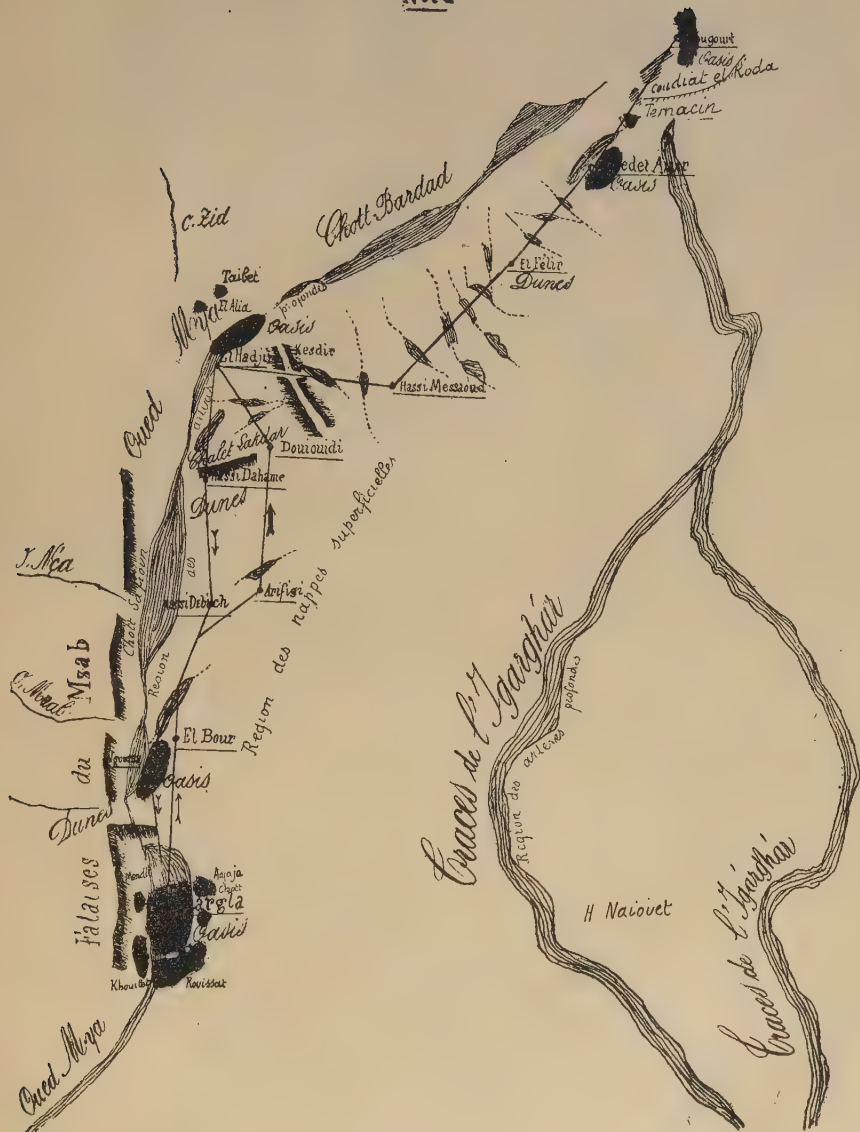
PLANCHE N° IV.



O. Mya

FALAISES DU M^UZAB VUES DE LA RIVE DROITE DE L'O. MYA.

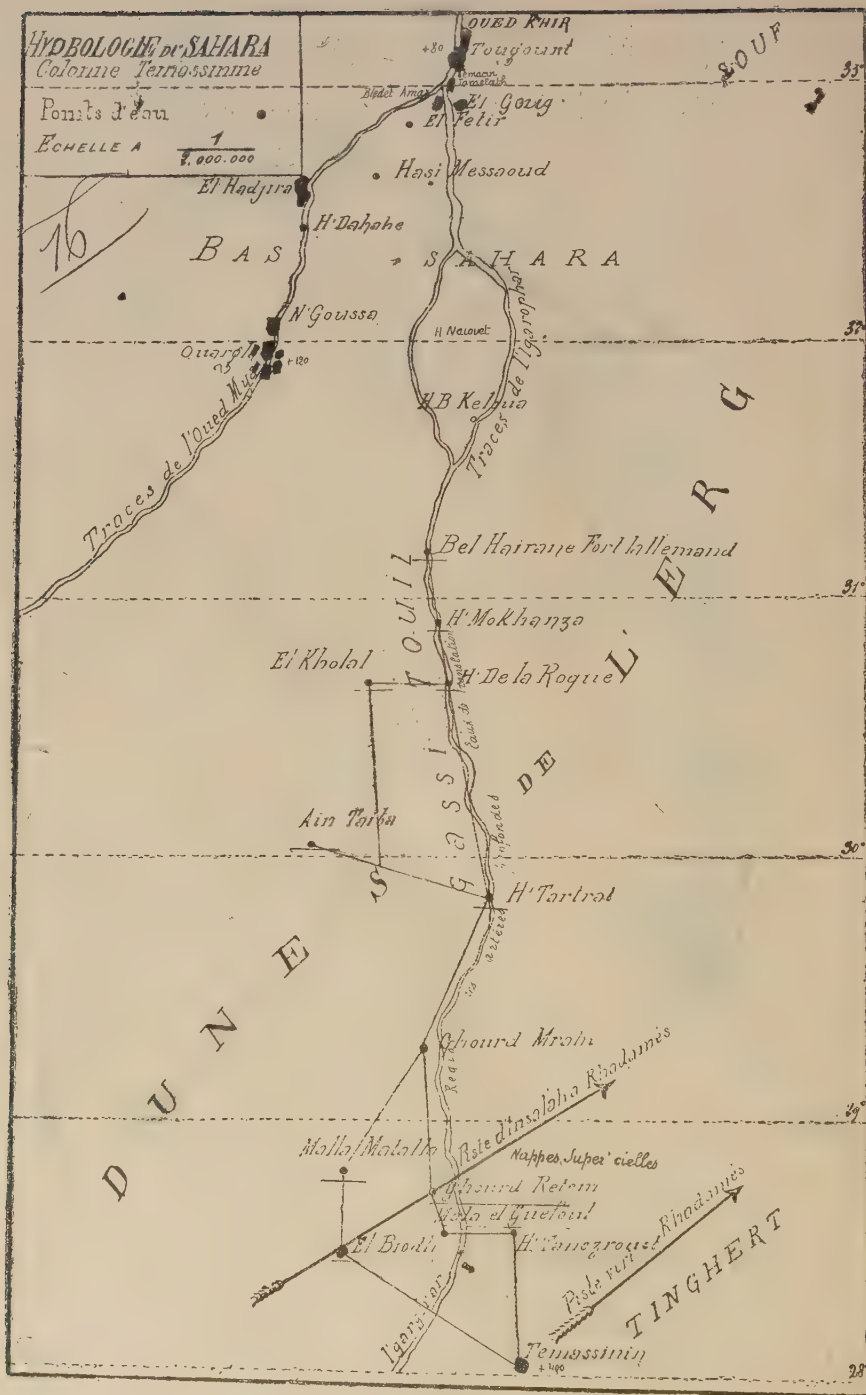
Nord

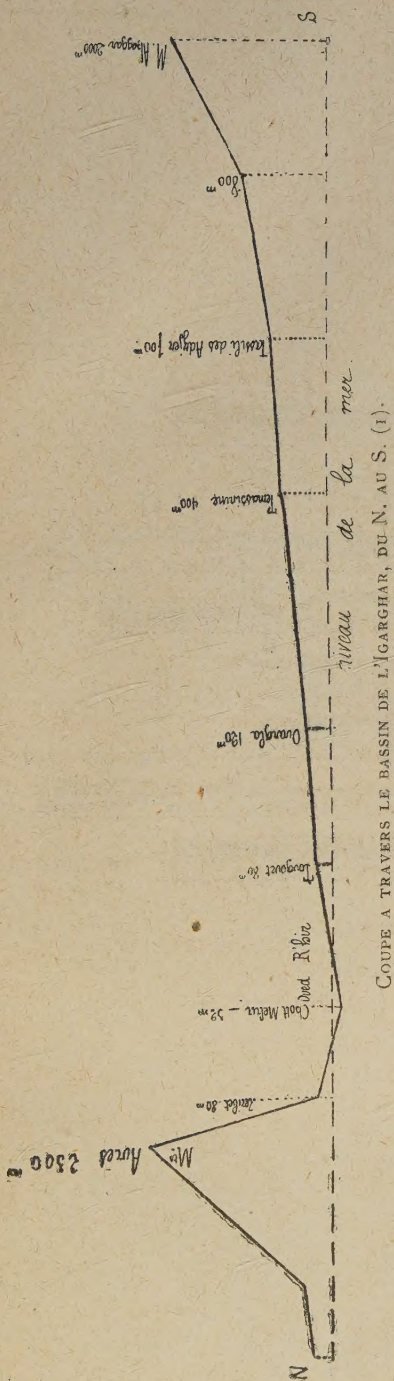


Sud

Colonne du Sahara.
Echelle 1/800.000

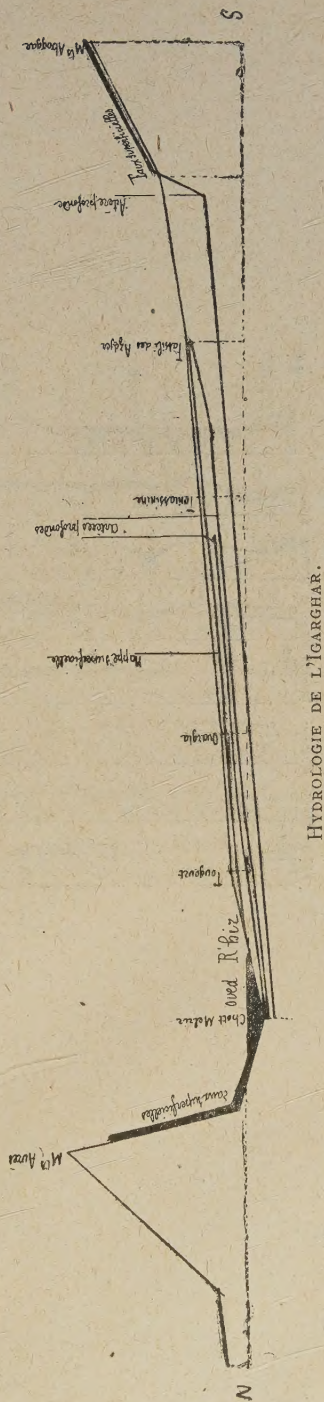
PLANCHE N^O VI.





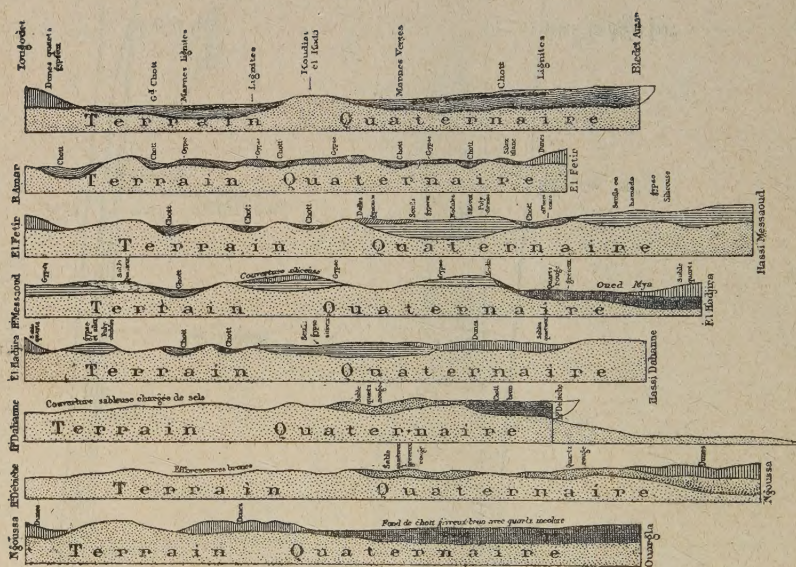
COUPE A TRAVERS LE BASSIN DE L'GARGHAR, DU N. AU S. (1).

(1) L'échelle des hauteurs est 100 fois plus grande que celle des bases.



HYDROLOGIE DE L'GARGHAR.

PLANCHE N^o IX.



DE TOUGOURT A OUAÏGLA.

Notice Géologique.

